

MASTER'S THESIS

Leren in een immersieve virtuele omgeving

Een ontwerpend onderzoek naar de invloed van omgevingsprikkels en hun relatie met de leerstof op retentie van de leerstof in immersieve virtuele realiteit.

Gelissen, J.J.M.

Award date:
2019

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

pure-support@ou.nl

providing details and we will investigate your claim.

Downloaded from <https://research.ou.nl/> on date: 05. May. 2023

Open Universiteit
www.ou.nl



Leren in een immersieve virtuele omgeving

Een ontwerpend onderzoek naar de invloed van omgevingsprikkels en hun relatie met de leerstof op retentie van de leerstof in immersieve virtuele realiteit.

Learning in an immersive virtual environment

A design based research on the influence of environmental stimuli and their relation to the subject matter on subject matter retention in immersive virtual reality.

J.J.M. Gelissen

Master Onderwijswetenschappen
Open Universiteit

Datum: 28-08 2019

Begeleiding: Dr. S.G.C. Ternier

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1 Probleemschets en doel van het onderzoek	1
1.2 Theoretische kader	2
1.3 Vraagstellingen en hypothesen	7
2. Methode	9
2.1 Ontwerp	9
2.2 Participanten	11
2.3 Materialen	12
2.4 Procedure	13
2.5 Data-analyse	14
3. Resultaten	14
3.1 Ontwerp van een IVR applicatie	14
3.2 ontwerpimplicaties	15
3.3 Eerste iteratie: De omgevingen	17
3.4 Tweede iteratie: De interacties	20
3.5 Derde iteratie: Het experiment	27
3.6 Deelnemers onderzoek	28
3.7 Retentiescores	29
3.8 modererend effect Presence	29
3.9 Mediatie effect van Strategie	30
4. Conclusie en discussie	32
5. Referenties	35
6. Bijlagen	38
Bijlage 1. Igroup Presence Questionnaire (IPQ)	38
Bijlage 2. Woordenlijst vrije herinneringstest	39
Bijlage 3. Resultaten evaluatie iteratie 1	40
Bijlage 4. Resultaten evaluatie iteratie 2	44
Bijlage 5. De heuristieken en ontwerponderdelen van Sutcliffe en Gault	53

Leren in een immersieve virtuele omgeving.

Een ontwerpend onderzoek naar de invloed van omgevingsprikkels en hun relatie met de leerstof op retentie van de leerstof in immersieve virtuele realiteit.

J.J.M. Gelissen

Samenvatting

Immersive Virtual Reality (IVR) is sinds 2016 binnen handbereik voor veel consumenten, bedrijven en onderwijsinstellingen. Hoewel de literatuur voordelen en positieve effecten van IVR op leren beschrijft, is er tegelijkertijd nog geen eenduidig inzicht in het effectief ontwerpen van IVR voor onderwijs. De virtuele omgeving waarin een lerende geplaatst kan worden en waarin hij zich aanwezig voelt, onderscheidt IVR van andere (multi)media. Uit de literatuur blijkt dat ook in deze virtuele omgevingen, omgevingscontext afhankelijke geheugensporen opgebouwd kunnen worden. De virtuele omgeving kan hierdoor mogelijk gebruikt worden om leerstof beter op te slaan en op te halen. De literatuur laat echter ook zien dat rekening gehouden moet worden met de cognitieve belasting van de lerende. De omgeving mag niet te veel afleiden van het verwerken van de leerstof. Daarnaast is het voorkomen van VR ziekte één van de grootste ontwerputdagingen bij het ontwerpen van IVR toepassingen.

Het doel van dit onderzoek is enerzijds onderzoeken hoe een Immersive Virtual Reality toepassing waar een student leerstof kan bestuderen in een wisselende virtuele omgeving ontwikkeld kan worden. Anderzijds is het doel, het identificeren van de invloed van omgevingsprikkels in Immersive Virtual Reality leeromgeving op de retentie van de leerstof.

Om de eerste onderzoeksvraag te beantwoorden is door middel van een ontwerp gebaseerd onderzoek in drie iteraties een IVR toepassing ontwikkeld. Tijdens deze ontwikkeling is een presence test uitgevoerd met drie HBO ontwerp studenten om de immersieve kwaliteit van de omgevingen in de applicatie te toetsen. Hiervoor is de iGroup presence questionnaire (IPQ) gebruikt (Schubert, Friedmann, & Regenbrecht, 2001). Daarnaast is heuristische evaluatie uitgevoerd met vier ontwerpdocenten om de gebruiksvriendelijkheid en bruikbaarheid van de applicatie te toetsen. Hiervoor is de heuristische evaluatie van Sutcliffe en Gault (2004) gebruikt. De deelnemers uit deze testen zijn geselecteerd op basis van hun kennis en ervaring met IVR of hun specifieke vakkennis. Om de tweede onderzoeksvraag te beantwoorden is een geheugenexperiment uitgevoerd met 102 HBO studenten die op uit de studentpopulatie van het HBO in Maastricht. De resultaten van de geheugentest zijn gebruikt om twee hypothesen te toetsen die de invloed van omgevingsprikkels identificeren. Daarnaast is een hypothese getoetst om de mogelijk modererende invloed van Presence op de relatie tussen omgevingsprikkels en retentie te onderzoeken. Tot slot is een hypothese getoetst om de

mogelijk mediërende invloed van geheugen strategie op de relatie tussen omgevingsprikkels en retentie te onderzoeken.

Uit het onderzoek naar de eerste onderzoeksvraag zijn zes ontwerpimplicaties naar voren gekomen die van belang waren voor deze IVR applicatie. In de beantwoording van de tweede onderzoeksvraag is gebleken dat de verschillende omgevingsprikkels wel een verschil opleveren in retentie, maar dat dit verschil niet significant is. Dit komt waarschijnlijk doordat er sprake is van een zeer klein effect en de steekproef hiervoor niet groot genoeg was. Er is geen modererende invloed van Presence aangetoond. Er is ook geen mediërende invloed van geheugen strategie aangetoond. Er is wel aanleiding om aan te nemen dat dat geheugenstrategie een betere voorspeller van retentie is dan de omgevingsprikkels.

Geconcludeerd kan worden dat hoewel de invloed van omgevingsprikkels niet significant aangetoond is, er aanleiding is om hier verder onderzoek naar te doen. Hierbij is het wel aan te raden om te zorgen voor een situatie waar actief onthouden uitgesloten wordt en gefocust wordt op passief onthouden.

Kernwoorden: Immersive Virtual Reality, Virtual Reality, plaats afhankelijk geheugen, episodisch geheugen, omgevingsprikkels, omgevingsrelatie, retentie.

Learning in an immersive virtual environment

A design based research on the influence of environmental stimuli and their relation to the subject matter on subject matter retention in immersive virtual reality.

J.J.M. Gelissen

Summary

Immersive Virtual Reality (IVR) has been in reach for many consumers, companies and educational institutions since 2016. Although the literature describes the benefits and positive effects of IVR on learning, at the same time there is no clear insight into the effective design of IVR for education. The virtual environment in which a learner can be placed and in which he feels present, distinguishes IVR from other (multi) media. The literature shows that even in these virtual environments, environmental context dependent memory tracks can be built up. The virtual environment may therefore be used to better store and retrieve learning material in and from memory. However, the literature also shows that the cognitive load for the learner must be taken into account. The environment must not distract too much from processing the subject matter. In addition, the prevention of VR disease is one of the biggest design challenges when designing IVR applications.

The goal of this research is on the one hand to investigate how an Immersive Virtual Reality application where a student can study subject material in a changing virtual environment can be developed. On the other hand, the goal is to identify the influence of environmental stimuli in Immersive Virtual Reality learning environment on the retention of the subject matter.

To answer the first research question, an IVR application has been developed in three iterations by means of design-based research. During this development, a presence test was conducted with three HBO design students to test the immersive quality of the environments in the application. The group presence questionnaire (IPQ) was used for this (Schubert et al., 2001). Heuristic evaluation was also carried out with four design teachers to test the user-friendliness and usability of the application. The heuristic evaluation of Sutcliffe and Gault (2004) was used for this. The participants from these tests were selected based on their knowledge and experience with IVR or their specific professional knowledge. To answer the second research question, a memory experiment was carried out with 102 HBO students from the HBO student population in Maastricht. The results of the memory test were used to test two hypotheses that identify the influence of environmental stimuli. In addition, a hypothesis was tested to investigate the possible moderating influence of Presence on the relationship between environmental stimuli and retention. Finally, a hypothesis was tested to investigate the possible mediating influence of memory strategy on the relationship between environmental stimuli and retention.

. The research into the first research question revealed six design implications that were important for this IVR application. In answering the second research question, it appeared that the different

environmental stimuli do produce a difference in retention, but that this difference is not significant. This is probably because there is a very small effect and the sample was not large enough for this. No moderating influence of Presence has been demonstrated. There is also no mediating influence of memory strategy. There is reason to believe that this memory strategy is a better predictor of retention than the environmental stimuli.

It can be concluded that although the influence of environmental stimuli has not been significantly demonstrated, there is reason to do further research into this. Hereby it is advisable to ensure a situation where active remembering is excluded and the focus is on passive remembering.

Keywords: Immersive Virtual Reality, Virtual Reality, place dependant memory, episodic memory, environment stimuli, environmental relationship, retention.

Leren in een immersieve virtuele omgeving.

Een ontwerpend onderzoek naar de invloed van omgevingsprikkels en hun relatie met de leerstof op retentie van de leerstof in immersieve virtuele realiteit.

1. Inleiding

1.1 Probleemschets en doel van het onderzoek

2016 werd door de technologie industrie het jaar van Virtual Reality (VR) genoemd (Plag, 2016). In dat jaar kwamen diverse producten op de markt die Immersive Virtual Reality (IVR) binnen het bereik van de consument en onderwijsinstellingen brachten.

Bij Immersive Virtual Reality wordt de gebruiker afgesloten van de meeste externe stimuli, die worden vervangen door informatie uit een virtuele wereld. Hierdoor wordt een sterk gevoel van aanwezigheid, “presence”, in die virtuele wereld gegenereerd (Slater & Wilbur, 1997).

In recente literatuur zijn vele voordelen van IVR ten aanzien van leren te vinden. Zo wordt aangetoond dat IVR een effectief leermiddel kan zijn voor alle niveaus uit de taxonomie van Bloom en voor methoden uit diverse leer theoretische stromingen (Elvestad, 2016). Ook binnen het domein van gamified simulations blijkt IVR voordelen te leveren op het gebied van kennis toename en retentie ten opzichte van vergelijkbare non-immersieve simulaties (Menin, Torchelsen, & Nedel, 2018). In de vergelijking tussen traditioneel klassikaal onderwijs of tekst gebaseerd onderwijs en leren door middel van Immersive Virtual Reality, blijkt IVR in de onderzochte gevallen een hoger leerrendement op te leveren (Ekstrand, Jamal, Nguyen, Kudryk, Mann, & Mendez, 2018; Elvestad, 2016; Webster, 2016).

Tegelijkertijd geeft de literatuur nog geen eenduidig antwoord op de vraag hoe leerervaringen ontworpen dienen te worden om deze leereffecten systematisch te bereiken met IVR. Veel van het onderzoek naar VR, zeker tot 2016 ging niet over Immersive Virtual Reality maar over virtuele werelden en Desktop VR, waar de 3 dimensionale virtuele wereld op een 2 dimensionaal scherm beleefd wordt (Johnson-Glenberg, 2018; Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, & Davis, 2014). Er bestaan weinig ontwerp richtlijnen voor IVR in onderwijs (Diego Vergara 2017; Fowler, 2015; Johnson-Glenberg, 2018). De behoefte aan richtlijnen voor het vormgeven van educatieve inhoud voor IVR wordt onderschreven vanuit diverse onderzoeksprogramma's en theoretische achtergronden. (Chen, 2009; Elvestad, 2016; Fowler, 2015; Johnson-Glenberg, 2018; Parong & Mayer, 2018; Van Merriënboer & Kester, 2005; Webster, 2016)

Het medium IVR beschikt over een element waarover geen andere vorm van (multi)media beschikt: lerende kunnen in eender welke omgeving geplaatst worden en zich daarin aanwezig voelen zoals in een werkelijke omgeving (presence). Het feit dat de omgeving als werkelijkheid aanvoelt en het feit dat de omgeving volledig te manipuleren of te ontwerpen is, biedt perspectieven voor onderwijsontwerpers.

Onderzoek naar omgevingscontext afhankelijk geheugen toont namelijk aan dat de plaats waar men is, als omgevingscontextelement, samen met het te onthouden item in een zogenoemd episodisch geheugen spoor gecodeerd wordt. Dit omgevingscontextelement kan gebruikt worden als ophaal aanwijzing (Isarida & Isarida, 2014). In dit onderzoeksveld zijn ook relaties aangetoond tussen testresultaten, de omgeving waarin geleerd wordt en de omgeving waarin de test afgenomen wordt (Smith, Glenberg, & Bjork, 1978; Smith & Vela, 2001). In situated cognition theorie kent men ook waarde en zelfs afhankelijkheid toe aan de omgeving als het gaat om retentie en begrip bij cognitieve activiteiten (Robbins & Aydede, 2009). De plaats waar iemand leert of studeert kan dus van invloed zijn op de manier waarop deze leerstof in het geheugen gecodeerd, opgeslagen of opgehaald wordt. Hierdoor ontstaat de vraag of dat bij een plaats of omgeving in IVR ook van toepassing is? Indien dat zo is biedt dit mogelijkheden om de studieplek te optimaliseren voor de student.

Daartegenover staat dat vanuit multimedia theorie en cognitieve belasting theorie alle irrelevante elementen uitgesloten dienen te worden als leerstof aangeboden wordt. Dit betreft ook omgevingselementen (Moreno, 2006; Moreno & Mayer, 2002; Parong & Mayer, 2018; Van Merriënboer & Kester, 2005). De vraag die hierdoor ontstaat is: welke omgevingselementen dienen in een IVR applicatie opgenomen dan wel uitgesloten te worden om het leren te bevorderen?

Het doel van dit onderzoek is enerzijds het ontwikkelen van een Immersive Virtual Reality applicatie waar een student leerstof kan bestuderen in een wisselende virtuele omgeving. Anderzijds is het doel, het identificeren van de invloed van omgevingsprikkels in Immersive Virtual Reality leeromgeving op de retentie van de leerstof.

1.2 Theoretische kader

De invloed van omgeving op geheugen

Episodisch geheugen is een neurocognitief systeem dat mensen in staat stelt ervaringen uit het verleden te herinneren. Het episodische geheugen maakt het mogelijk terug te kijken in de tijd en gebeurtenissen opnieuw te beleven, dit wordt mentale herplaatsing genoemd (Tulving, 2002).

Episodisch geheugen is gerelateerd aan tal van contextuele informatie zoals tijd, locatie en situaties.

Om focale informatie of doel informatie op te halen uit het geheugen is een aanwijzing nodig, dit wordt een ophaal aanwijzing genoemd (Isarida & Isarida, 2014). Iedere toevallige informatie die tijdens het verwerken van doel informatie aanwezig is, zou volgens de episodische geheugen theorie, samen met de doel informatie in een episodisch geheugen spoor gecodeerd kunnen worden. Deze toevallige informatie kan hierdoor dienen als ophaal aanwijzing voor de doelinformatie (Tulving & Thomson, 1973). Voorbeelden van deze toevallige informatie zijn: de plek waar geleerd wordt, hoe

geleerd wordt, wanneer geleerd wordt of met wie geleerd wordt. Deze vorm van encoderen wordt binding genoemd (Sauz  on, Arvind Pala, Larrue, Wallet, D  jos, Zheng, Guitton, & N'Kaoua, 2012).

Immersive Virtual Reality wordt in toenemende mate gebruikt in de domeinen cognitieve psychologie en neuropsychologie om onderzoek te doen naar episodisch geheugen of daaraan gerelateerde constructen (Sauz  on et al., 2012). Volgens Plancher en Piolino (2017), is IVR zeer geschikt om episodisch geheugen te onderzoeken. Het is, zo geven zij aan, een acceptabel compromis tussen de experimentele controle die vereist is in een wetenschappelijk experiment en de dagelijkse werkelijkheid waar episodische geheugen sporen normaal gesproken opgebouwd worden (Plancher et al., 2017). De validiteit van IVR als episodisch geheugen onderzoeksmiddel wordt in een aantal onderzoeken verder bevestigd (Corriveau Lecavalier, Ouellet, Boller, & Belleville, 2018; Picard, Abram, Orriols, & Piolino, 2017; Plancher, Gyselinck, Nicolas, & Piolino, 2010; Plancher, Tirard, Gyselinck, Nicolas, & Piolino, 2012; Serino & Repetto, 2018). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om met IVR episodische geheugen sporen op te bouwen en de contextuele informatie te gebruiken als ophaal aanwijzingen voor de doelinformatie. Dit kan gebruikt worden als het leidend ontwerpprincipie in de te ontwikkelen IVR leeromgeving.

E  n van de karakteristieken van episodisch geheugen is het omgevingscontextafhankelijk geheugen. Dit betreft alle omgevingsinformatie die in het episodisch geheugenspoor opgeslagen wordt (Isarida & Isarida, 2014). De meta analyse van Smith en Vela (2001) heeft de betrouwbaarheid van de effecten van omgevingscontext en specifiek de plaats context op het geheugen aangetoond. Ze hebben aangetoond dat het wisselen van omgeving tussen leren en toetsen, een negatief effect op retentie heeft. Dit komt omdat in de onbekende test omgeving niet dezelfde omgevingscontext ophaal aanwijzingen aanwezig zijn. Ze hebben hierbij twee aanvullende principes ge  dentificeerd en gevalideerd.

Het eerste principe stelt dat wanneer non-omgevingscontext aanwijzingen gebruikt worden om geheugensporen aan te leggen of op te halen, de effecten van omgevingscontext afhankelijkheid verminderen (Smith & Vela, 2001). Gebeurt dit tijdens het coderen, dan noemen ze dat: "overtreffen". Gebeurt dit tijdens het ophalen, dan noemen ze dat: "overschaduwten". Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer er sprake is van inter-item associatieve verwerking. Als de te onthouden items gecodeerd en opgeslagen worden in relatie tot elkaar, bijvoorbeeld doordat ze rijmen, wordt deze associatieve informatie gebruikt als ophaal aanwijzing. De omgevingsinformatie wordt hierdoor onderdrukt.

In dit onderzoek zal gebruik gemaakt worden van de omgevingscontext afhankelijkheid. Het is immers de bedoeling een sterke binding te laten ontstaan tussen de doelinformatie en de IVR omgeving, zodat deze gebruikt kan worden als ophaal aanwijzing. Het is dus van belang om tijdens het coderen, opslaan en ophalen van de doelinformatie geen non-omgevingscontext aanwijzingen te gebruiken. Er dient verder onderzocht te worden of er onbewuste associatieve verwerking met de omgeving plaats kan vinden. Een vraag die hierbij ontstaat is of retentie be  nvloed wordt door de

inhoudelijke relatie die de IVR omgeving heeft met de doelinformatie. Zo zou een betere associatie gemaakt kunnen worden.

Een geheugen methode die zowel gebruik maakt van bewuste associatieve verwerking van doelinformatie en omgevingselementen als ook van het mentale herplaatsingsprincipe is de Methode van Loci (MOL), ook wel bekend als memory palace. Volgens deze methode wordt op basis van een mentale kaart van een omgeving of gebouw de onthouden items in deze omgeving geplaatst. Door vervolgens door de omgeving of het gebouw te lopen in gedachte, kunnen de te onthouden items opgehaald worden (Putnam, 2015). Deze methode is ook toegepast en onderzocht in IVR en laat een hogere retentie zien ten opzichte van het gebruik van puur mentale oefeningen (Huttner & Robra-Bissantz, 2017). De methode van Loci zelf is niet van toepassing op dit onderzoek. Het gaat in dit onderzoek immers om de onbewuste verbindingen die de lerende tussen de doelinformatie en omgeving legt. Het toont echter wel aan dat bewuste geheugen strategieën effectief toegepast kunnen worden. Vooral ruimtelijke omgevingen nodigen daartoe uit (Huttner & Robra-Bissantz, 2017). Dit roept de vraag op of een bewust gebruikte strategie meer invloed heeft op de retentie dan de verwerkingsomgeving.

Het tweede principe is het mentale herplaatsingsprincipe (Smith & Vela, 2001). Dit principe stelt dat de omgevingscontext informatie ook als ophaal aanwijzing gebruikt kan worden als men in een andere omgeving is dan de omgeving waarin de doelinformatie verwerkt is. Dit kan men doen door zich mentaal voor te stellen weer in de dezelfde omgeving te zijn als waar men de doelinformatie verwerkt heeft. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen het gebruik van één of meerdere wisselende contexten. Daar waar geleerd wordt in één context en getest in een andere context, blijkt het makkelijker om het mentale herplaatsingsprincipe toe te passen dan in situaties waar de doelinformatie uit verschillende contexten verwerkt wordt (Smith & Vela, 2001). Voor het gebruik van de IVR applicatie betekent dit enerzijds dat een afgebakend geheel aan leerinhoud het beste in één omgeving verwerkt kan worden. Anderzijds kan de lerende bij het ophalen het mentale herplaatsingsprincipe toepassen.

Leerinhoud, leerstrategie en multimedia principes

Om een effectieve educatieve IVR applicatie te ontwerpen, is het van belang om vast te stellen welke leerdoelen en leeruitkomsten met de applicatie behaald dienen te worden. Vervolgens kan op basis daarvan een pedagogische benadering en een bijbehorende leertheorie een ontwerp gekozen worden (Mikropoulos & Natsis, 2011). Om de type leerdoelen voor dit onderzoek aan te geven, zal de aangepaste taxonomie van Bloom door Anderson en Kratwohl (2001) gebruikt worden. De doelstelling van dit onderzoek gaat over het bestuderen van zelf geselecteerde leerstof in een virtuele omgeving. Dit betekent dus dat de leerstof zich beperkt tot alles wat meegenomen kan worden in de virtuele wereld. Denk hierbij aan digitale boeken en alles wat via een webbrowser te openen is. Deze bronnen kunnen alle typen kennis bevatten: feitenkennis, conceptuele kennis, procedurele kennis en

metacognitieve kennis. De handelingen zijn gericht op herinneren en begrijpen, zoals in Tabel 1 is te zien.

Tabel 1

Kennis- en handelingsniveaus in dit onderzoek volgens de gereviseerde taxonomie van Anderson et al. (2001)

Kennisdimensie	Handelingsdimensie					
	Herinneren	Begrijpen	Toepassen	Analyseren	Evalueren	Creëren
Feiten	X	X				
Concepten	X	X				
Procedures	X	X				
Metacognitie	X	X				

Er zijn volgens Liu, Dede, Huang, en Richards (2017) twee relevante onderwijskundige theorieën van waar uit een educatieve IVR applicatie ontworpen kan worden. De belangrijkste theoretische basis is het constructivisme. Hier staat de student centraal in het leerproces. De student verwerkt informatie actief, geeft betekenis aan de informatie en construeert daardoor zijn eigen kennis (Duffy & Cunningham, 1996). Het SOI model van Mayer (1999) past een constructivistische benadering toe op het leren uit tekstuele of multimediale bronnen. In dit model worden drie cruciale cognitieve processen in het construeren van kennis benoemd en worden de gevolgen voor instructie besproken.

1. Het selecteren van relevante informatie uit de ontvangen informatie om verder te verwerken in het werkgeheugen (S).
2. Het organiseren van de geselecteerde informatie om een samenhangend mentaal model te vormen (O).
3. Het integreren van de binnenkomende informatie met bestaande kennis uit het lange termijn geheugen (I) (Mayer, 1999).

Fiorella en Mayer (2015) noemen het doorlopen van deze processen generatief leren. Zij stellen acht leerstrategieën voor die het verwerken van informatie volgens het SOI model ondersteunen en bewezen effectief zijn in het verbeteren van leren.

Van deze acht strategieën lijkt de strategie van het mappen het meest geschikt te zijn om toe te passen in een IVR applicatie. Bij het mappen wordt de leerstof door de gebruiker actief verwerkt tot een ruimtelijke ordening van verbonden kernwoorden, bijvoorbeeld in een mindmap (Fiorella & Mayer, 2015). In IVR kan dit mappen via fysieke handbewegingen en gebaren plaatsvinden met behulp van de controllers. Volgens embodied learning theory worden door het toevoegen van een

motorische modaliteit aan het leerproces, meer neurale paden geactiveerd en kan dit resulteren in een sterker geheugen spoor (Broaders, Cook, Mitchell, & Goldin-Meadow, 2007; Goldin-Meadow, 2011). Een nadeel van het toepassen van een dergelijke leerstrategie, is dat het creëren van een ruimtelijke ordening en de motorische modaliteit het omgevingscontexteffect verstoren. Zowel de ruimtelijke ordening als de motorische modaliteit zullen als non-omgevingscontext aanwijzingen de omgevingscontext aanwijzingen overtreffen in het aangebrachte geheugenspoor, conform het eerste principe van Smith en Vela (2001). Het toepassen van het mentale herplaatsingsprincipe kan hierdoor minder effectief worden of zelfs geen enkel effect meer opleveren.

Een tweede, volgens Liu et al. (2017), relevante theorie voor het ontwerpen van een IVR applicatie is de Cognitieve Belasting Theorie (CBT). Deze theorie geeft aan dat bij het vormgeven van instructie rekening gehouden moet worden met de beperkte capaciteit van het werkgeheugen en de verwerking van informatie via de verschillende sensorische modaliteiten (Sweller, 2003). De cognitieve theorie voor multimedia leren (CTML) van Richard Mayer (2014) is hier een voorbeeld van. Op basis van onderzoeken naar IVR volgens CTML worden de volgende conclusies getrokken. Op de eerste plaats is het van belang dat de lerende de leerstof in zijn eigen tempo kan bestuderen. Hierdoor krijgt de lerende de mogelijkheid om uit te weiden en te onthouden wat zojuist gezien of gehoord is, hetgeen begrip en retentie bevordert (Mayer, 2014; Mayer & Chandler, 2001; Mayer & Moreno, 2003). Een tweede belangrijke conclusie is dat volgens het coherentie principe alle overbodige elementen, die niet direct gerelateerd zijn aan de leerstof uitgesloten moeten worden (Mayer, 2014; Parong & Mayer, 2018). Deze overbodige elementen leiden af van de leerstof en kunnen het proces van het organiseren en integreren van de leerstof verstoren (Mayer, 2014). Parong en Mayer (2018) vonden dit effect van overbodige cognitieve verwerking ook in een IVR applicatie waar de omgeving bestond uit een continue stroom van bewegende beelden. In die specifieke VR ervaring bevond men zich in het menselijk lichaam, waar overbodige elementen zoals bloedplaatjes langs de gebruiker zweefden. De eigenlijke leerstof werd op een aanwezig scherm gepresenteerd. De vraag die hierdoor ontstaat is: geldt dit verstorend effect ook als er in plaats van veel dynamische prikkels (bijvoorbeeld animatie), veel statische prikkels gebruikt worden, zoals architectonische elementen, meubilair, decoratiematerialen en gebruiksvoorwerpen. Wat is dan de invloed van deze statische omgevingsprikkels op retentie?

Ontwerpprincipes voor IVR

De fundamentele ervaring die door middel van Immersive Virtual Reality overgebracht wordt, is presence. Dit is de perceptuele illusie van 'werkelijk aanwezig zijn' in een virtuele locatie (Liu et al., 2017). Slater (2009) heeft presence in twee concepten onderverdeeld, Plaats Illusie (PI) en Plausibiliteit Illusie (Psi). PI is het originele concept van aanwezigheid in een virtuele omgeving. Deze illusie komt tot stand doordat de het VR systeem waarneming toestaat via natuurlijke sensomotorische omstandigheden (Liu et al., 2017). Dat wil zeggen, dat zicht, gehoor, eventueel tast en een koppeling

met het lichaam gebruikt wordt om de virtuele wereld waar te nemen. Deze illusie wordt volledig door het IVR systeem bewerkstelligd.

Psi is de illusie dat hetgeen in een virtuele wereld gebeurt, als echt waargenomen wordt, ook al weet de gebruiker dat het niet zo is (Liu et al., 2017). Om deze illusie te laten slagen moet de virtuele wereld reageren op de acties van de gebruiker, spontane acties richting de gebruiker genereren en overeenkomen met de regels zoals die in de voor te stellen wereld ook zouden gelden. Een voorbeeld hiervan is de aanwezigheid van virtuele mensen in een IVR omgeving. Deze zouden de aanwezigheid van de gebruiker moeten erkennen, door hem aan te kijken en te reageren op de acties van de gebruiker (Liu et al., 2017). De Psi is dus geen systeem illusie zoals de PI, maar een ontwerp illusie. Het ontwerp van de wereld en de interacties in die wereld bepalen het succes van de Psi. Als zowel de PI als de Psi in werking treden, zal de gebruiker realistisch gedrag vertonen in de IVR (Liu et al., 2017; Slater, 2009). Het is dus van belang te controleren of zowel de PI als de Psi in stand gehouden worden. Een verminderd gevoel van presence kan van invloed zijn op de totale beleving en op het effect van het plaats afhankelijk geheugen.

Eén van de grootste uitdagingen bij het ontwerpen van Immersive Virtual Reality applicaties is het voorkomen van VR ziekte. VR ziekte is de verzamelterm voor alle oorzaken die er voor zorgen dat een gebruiker, zich beroerd of zelfs misselijk voelt bij het gebruik van Virtual Reality (Jerald, 2015). Twee van deze oorzaken zijn door het volgen van specifieke ontwerprichtlijnen te voorkomen. De eerste is bewegingsziekte. Dit zijn alle symptomen die voortkomen uit blootstelling aan ogenschijnlijke beweging (Lawson, 2014). In IVR gaat het dan om visueel veroorzaakte bewegingsziekte. Een beweging van de hele scene (wereld) of een zelfgestuurde beweging van de gebruiker door de scene, kan leiden tot bewegingsziekte (Jerald, 2015). Volgens Jerald (2015) zijn er een aantal theorieën over waarom dit zo is, maar de essentie is dat er een conflict ontstaat tussen de visuele sensorische waarneming dat de gebruiker in beweging is en de vestibulaire waarneming die aangeeft dat de gebruiker niet in beweging is. De tweede oorzaak is latentie, of het vertraagd of flikkerend doorkrijgen van de visuele informatie (Jerald, 2015). Dit treedt meestal op als gevolg van een systeemtraagheid en veroorzaakt ook een sensorisch conflict. Bijvoorbeeld, de gebruiker beweegt zijn hoofd (vestibulair), maar de beelden volgen met deze beweging een aantal milliseconden later (visueel). Jerald (2015) beschrijft ontwerprichtlijnen VR ziekte te voorkomen.

1.3 Vraagstellingen en hypothesen

De eerste centrale vraag in dit onderzoek luidt: Hoe kan een IVR applicatie ontwikkeld worden waarbij een variërende omgeving ingezet wordt om de leeropbrengst te verhogen?

Om deze centrale vraag te beantwoorden zijn vier deelvragen opgesteld:

1. Met welke ontwerpprincipes dient rekening gehouden te worden bij het ontwerpen van een IVR applicatie voor onderwijs?

2. Welke leerstof is geschikt om aan te bieden in een IVR applicatie en op welke manier kan deze het beste aangeboden worden?
3. Welke ontwerpkeuzes leiden tot de meest optimale gebruikers ervaring?
4. Welke ontwerpkeuzes leiden tot de meest optimale gebruiksvriendelijkheid?

De tweede centrale vraag in dit onderzoek luidt: Wat is de invloed van omgevingsprikkels in een IVR applicatie en hun relatie met de leerstof op de retentie van de leerstof bij HBO studenten?

Om deze vraag te beantwoorden zijn de volgende vier hypothesen opgesteld:

Hypothese 1 (relatie versus geen relatie):

Een virtuele omgeving die inhoudelijk gerelateerd is aan de te onthouden items, zal een hogere mate van retentie opleveren dan een virtuele omgeving die niet gerelateerd is aan de te onthouden items.

Hypothese set 2 (prikkelarm versus prikkelrijk en relatie)

Hypothese 2a:

Een prikkelarme virtuele omgeving zal een hogere mate van retentie opleveren dan een prikkelrijke niet gerelateerde virtuele omgeving.

Hypothese 2b:

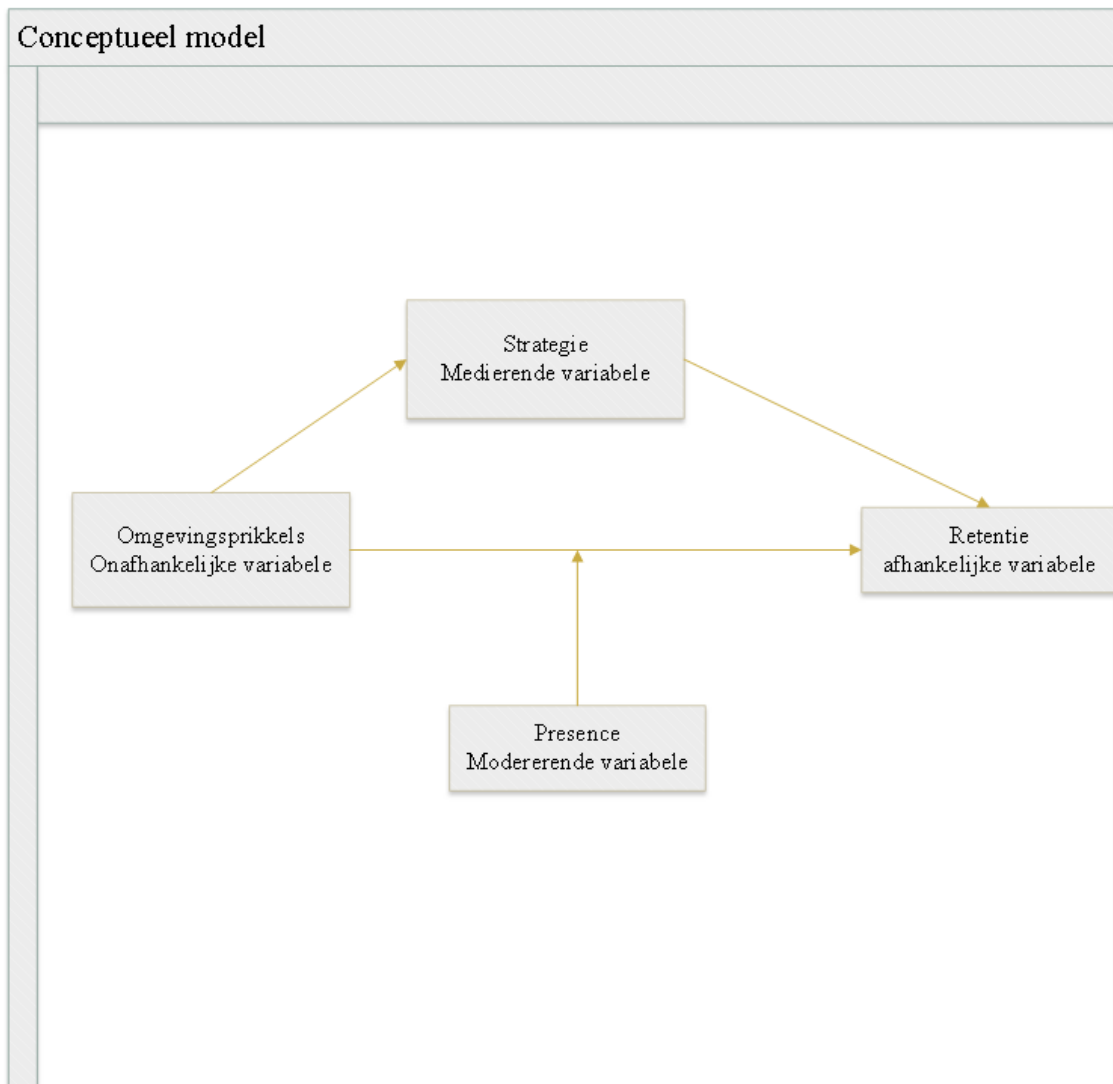
H1: Een prikkelarme virtuele omgeving zal een lagere mate van retentie opleveren dan een prikkelrijke gerelateerde virtuele omgeving.

Hypothese 3 (moderierend effect van presence):

Presence heeft een moderierend effect op de relatie tussen omgevingsrelatie en retentie

Hypothese 4 (mediatie effect van strategie):

H1: Strategie heeft een mediërend effect op de relatie tussen omgevingsrelatie en retentie



Figuur 1. Conceptueel model

2. Methode

2.1 Ontwerp

Dit onderzoek is als Educational Design Research (EDR) uitgevoerd. Voor dit onderzoek is een aanpassing gemaakt van de EDR modellen van McKenney en Reeves (2013) en Matthew Schmidt (2014). Het ontwerp is schematisch weergegeven in Figuur 2. Het onderzoek kent vier fasen: analyse & exploratie, design & constructie, evaluatie & reflectie en ten slotte verspreiding. De fasen design & constructie en evaluatie & reflectie, zijn in een iteratieve cyclus herhaaldelijk doorlopen. Er zijn drie iteraties uitgevoerd. In de eerste iteratie ligt de nadruk op de te ontwikkelen omgevingen en navigatie. De tweede iteratie bevat de aanpassingen naar aanleiding van de eerste iteratie en het aanbieden van de leerstof. In de derde iteratie is gekeken naar de aanpassingen uit de vorige iteratie en het experiment.

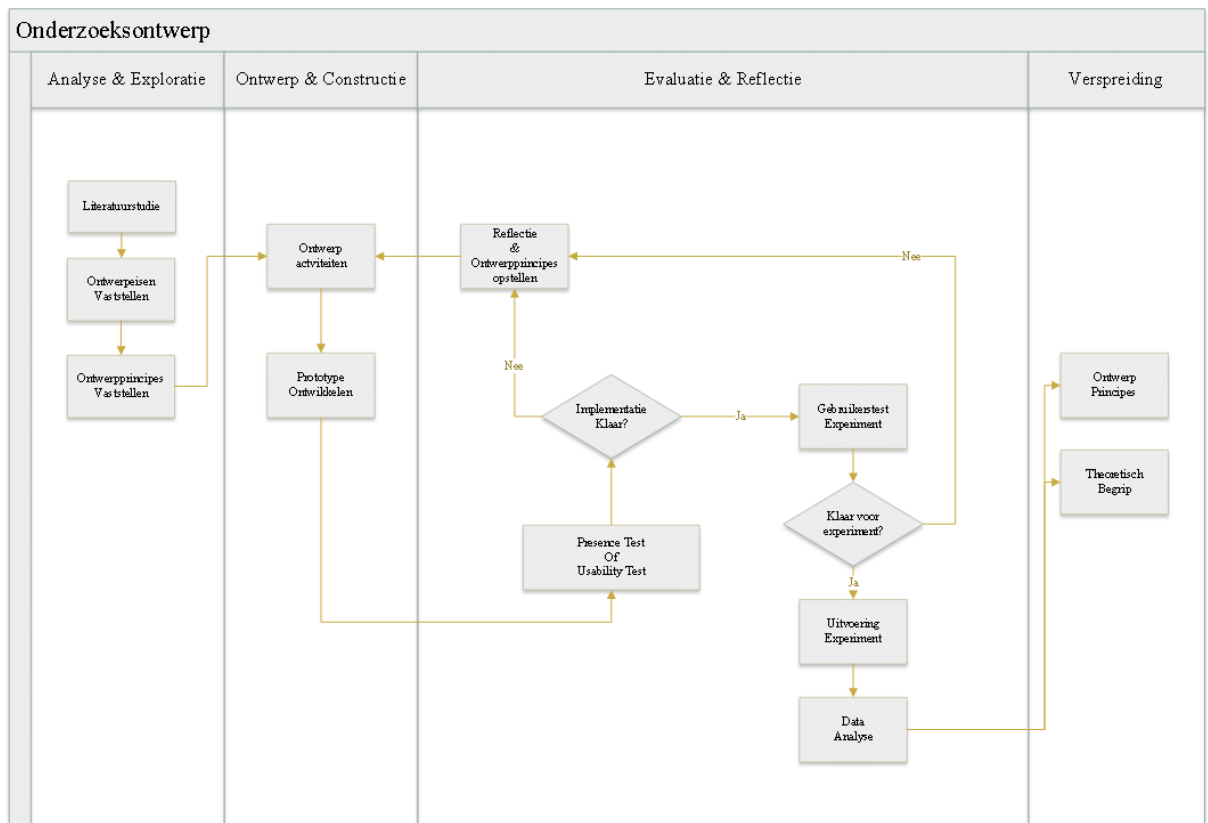
De eerste fase “analyse & exploratie” bevat een literatuurstudie op basis waarvan ontwerpeisen en ontwerpprincipes opgesteld worden. Dit is een eerste aanzet in de beantwoording van deelvragen 1 en 2 en tevens het vertrekpunt voor de tweede fase.

In de fase “design & constructie” worden de ontwerpeisen en ontwerpprincipes vertaald naar een conceptoplossing door middel van ontwerp activiteiten. Deze conceptoplossing is vervolgens tot een prototype ontwikkeld.

In de derde fase “evaluatie & reflectie” gaat het om het testen van het prototype, bijstellen van de ontwerpprincipes en uiteindelijk het uitvoeren van een experiment om centrale vraag 2 te beantwoorden. Deze fase is uitgevoerd na iedere iteratie en bestaat uit een van twee verschillende testen. In de eerste iteratie heeft een presence test plaatsgevonden waarin gemeten werd of de immersie en daaruit volgende presence voldoende waren. Dit onderdeel is cruciaal omdat de invloed van de omgeving alleen gemeten kan worden als de gebruiker de omgeving als een echte plaats ervaart. In iteratie 2 is via een heuristische evaluatie de functionele werking, effectiviteit en gebruiksvriendelijkheid van de oplossing beoordeeld.

Op basis van de uitkomsten van deze testen, heeft reflectie plaats gevonden op de tekortkomingen en zijn nieuwe of bijgestelde ontwerpprincipes opgesteld. Het prototype is dan weer terug gegaan naar de fase ontwerp & constructie. Na de derde iteratie is een gebruikerstest op de uitvoering van het experiment uitgevoerd door middel van het prototype. Vervolgens is het experiment uitgevoerd waarmee hypothese sets 1 tot en met 4 getoetst zijn.

In de laatste fase, verspreiding, zijn de resultaten en conclusies van het experiment en de vastgestelde ontwerpprincipes als uitkomst gedeeld via deze thesis.



Figuur 2. Schematische weergave van het onderzoeksontwerp.

2.2 Participanten

Het hoger beroepsonderwijs in Nederland telt in schooljaar 2017-2018 452.690 studenten. Hiervan zijn 221.402 mannelijk (49%) en 231.288 vrouwelijk (51%) (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2018). Bij Hogeschool Zuyd locatie Maastricht Brusselseweg en Herdenkingsplein staan 2735 studenten ingeschreven verdeeld over 9 opleidingen. Een powerberekening op de te gebruiken analysemethoden, geeft een aanbevolen steekproefomvang van 61 per groep aan bij de t-toetsen, waardoor het totale aantal op 183 uitkomt. Dit is berekend voor een effect-grootte van 0,7, dus al een vrij groot effect. De power berekening voor de regressie-analyse voor een medium effect, komt uit op een totale steekproefomvang van 107 deelnemers.

Alle 2735 studenten zijn per email geïnformeerd en uitgenodigd deel te nemen aan het onderzoek. Daarnaast zijn drie voorlichting sessies tijdens reeds bestaande plenaire bijeenkomsten (kick-off bijeenkomsten van onderwijs e.d.) uitgevoerd. Studenten konden zich inschrijven via een online responsetool. Op basis van deze voorlichting en uitnodiging hebben 23 studenten zich ingeschreven voor het onderzoek. Om meer deelnemers te werven is in overleg met de opleidingen ruimte geboden tijdens de reguliere lessen om deel te nemen aan het onderzoek. Alle studenten zijn in de les persoonlijk uitgenodigd om deel te nemen. In totaal hebben 102 studenten deelgenomen aan het onderzoek. De onderzoeksgroep bestaat uit 52 mannen en 50 vrouwen. De deelnemers hebben

vooraangaand aan het onderzoek een consent formulier ontvangen, waarin nogmaals het doel en procedure van het onderzoek uitgelegd wordt. Verder is uitgelegd dat de data geanonimiseerd opgeslagen wordt en dat de deelnemer het recht heeft op ieder moment de deelname te staken.

Er is in dit onderzoek sprake van een gestratificeerde a-selecte steekproef. Gestratificeerd omdat de kenmerken van de populatie vertegenwoordigd zijn in de steekproef. In dit geval het percentage mannen en vrouwen en de opleidingsgraad. A-select omdat iedere student van de geselecteerde opleidingen evenveel kans maakt om in de steekproef terecht te komen.

Verder hebben drie ontwerp studenten, een mannelijk en twee vrouwelijk, deelgenomen aan de presence test in iteratie 1. Deze studenten hebben ontwerp ervaring in VR en zijn daarom goed in staat om presence te beoordelen. Tot slot hebben vier docenten deelgenomen aan de Heuristische evaluatie in iteratie 2. Deze docenten zijn inhoudsdeskundig in de gebieden: Interaction design, visual design, storytelling en animation en onderzoek. Vanwege deze expertise zijn ze geselecteerd om de evaluatie uit te voeren.

2.3 Materialen

Voor de presence test tijdens de eerste iteratie evaluatie en gedurende het experiment om de modererende variabele presence te meten, wordt de igroup presence questionnaire (IPQ) (zie Bijlage 1) gebruikt (Schubert et al., 2001). Deze vragenlijst met 14 items meet de presence op basis van 3 factoren: ruimtelijke aanwezigheid, betrokkenheid en realisme. Ieder van deze factoren heeft een aangetoonde relatie met het gevoel van aanwezigheid in een virtuele omgeving op zowel de PI als de Psi. Daarnaast geeft de score op ieder van deze factoren ook directe aanwijzing voor verbeter gebieden indien de acceptatiedrempel niet bereikt wordt. De antwoorden worden gegeven op een 7-punts likert schaal. Om verdere verklaring van de scores te krijgen tijdens de eerste iteratie, is na de vragenlijst ook gebruik gemaakt van een semigestructureerd interview.

Voor de usability test tijdens de tweede iteratie, is gebruik gemaakt van de heuristische evaluatie van Sutcliffe en Gault (Sutcliffe & Gault, 2004). Via een expert review zijn 12 heuristieken onderzocht. De testpersonen hebben een set representatieve taken uitgevoerd binnen de IVR applicatie. De problemen die ondervonden werden gedurende de taakuitvoering, zijn gekoppeld aan de heuristieken en aan één of meer van in totaal zes designfeatures. Tot slot is een oordeel over het gewicht van deze problemen toegekend. Deze ranking geeft de prioriteit aan voor het herontwerp.

De gebruikerstest die is uitgevoerd na de derde iteratie, bestaat uit een proef doorloop van het experiment, waarbij gekeken is of de experiment opzet daadwerkelijk alle data verzameld die nodig is voor de data-analyse.

In het experiment is door middel van de ontworpen Virtual Reality applicatie antwoord gegeven op centrale vraag twee. De onafhankelijke variabele “omgeving” is gemanipuleerd door drie verschillende omgevingen in te richten en de participanten at random over deze omgevingen te verdelen in drie groepen. Eén omgeving is ontdaan van alle mogelijke afleidingen en is als het ware

een prikkelarme omgeving. Eén omgeving is rijk gevuld en ingericht met statische objecten. Deze omgeving is direct te relateren aan de items uit de geheugentest. De items zelf komen niet in de omgeving voor. De derde omgeving is net zo rijk gevuld en ingericht als de tweede omgeving, maar dan niet gerelateerd aan de te onthouden items. De afhankelijke variabele “retentie” is gemeten via een vrije herinneringstest. Tijdens het experiment heeft de participant de gelegenheid gehad om een set van 30 woorden (zie Bijlage 2) te memoriseren. Ieder item is twee keer aangeboden op basis van een vast aanbodinterval. De memorisatie tijd is hierdoor voor iedere deelnemer gelijk. Na afloop is de deelnemer gevraagd alle items te benoemen die hij nog weet. Het aantal onthouden items vormt de score voor retentie. Presence als modererende variabele is via de IPQ gemeten. Hier zijn nog twee vragen over de gebruikte memorisatie strategie aan toe gevoegd om “strategie” als mogelijke mediërende variabele te meten.

2.4 Procedure

De presence test tijdens de eerste iteratie is uitgevoerd met drie geselecteerde studenten. Ze hebben alle omgevingen in het prototype bekeken en op basis van hun ervaring de vragenlijst ingevuld. De uitkomst is niet verder statistisch geanalyseerd, maar wel besproken in een semigestructureerd interview. De scores en interview resultaten (zie Bijlage 3) zijn gebruikt in de reflectie fase van iteratie 2.

De usability test is uitgevoerd door 4 ontwerp docenten uit verschillende disciplines van de opleiding. Zij hebben een set aan relevante taken uitgevoerd in het prototype tijdens iteratie 2. Via de thinking aloud methode zijn problemen die de testpersonen ondervonden door de onderzoeker genoteerd. De verzamelde problemen zijn door de auditors en onderzoeker gekoppeld aan de heuristieken en ontwerpkenmerken. Vervolgens is de ernst van de problemen gecategoriseerd. De resultaten (zie Bijlage 4) zijn gebruikt in de reflectie fase van iteratie 3.

Het experiment heeft op vijf dagen in juni 2019 plaats gevonden. De 102 deelnemende studenten hebben in groepen van maximaal vijf studenten tegelijk het experiment doorlopen. Er waren vijf VR sets beschikbaar. Het experiment duurde ongeveer 20 minuten per deelnemer. In totaal is het experiment in 35 uur uitgevoerd. Na inlevering van het consent formulier, hebbend de deelnemers een instructie van de onderzoeker ontvangen. In deze instructie werd de volgende procedure uitgelegd. De deelnemers dienen eerst de HMD op dienen te zetten, en te controleren of het zicht scherp is. Is dat het geval zal de VR applicatie gestart worden. Na eerst goed rond te kijken in de omgeving, kunnen de deelnemers de woordenlijst, die op een virtueel scherm in beeld gebracht wordt, starten door met de selectiestraal de startknop in te drukken. Het is de bedoeling dat de deelnemer zoveel mogelijk woorden gaat onthouden. De woordenlijst komt twee keer voorbij en bevat 30 items. Ieder item zal vijf seconden in beeld zijn waarna het volgende item verschijnt. zodra de woordenlijst klaar is, is op het scherm te zien dat de deelnemer de HMD af kan zetten. Vervolgens kan de deelnemer alle

woorden die hij zich kan herinneren noteren in de dan zichtbare vragenlijst. Belangrijke instructie hier is dat de deelnemer zich bij het herinneren probeert voor te stellen weer in de virtuele omgeving te zijn. Na het invullen van de herinnerde items, verschijnt de IPQ vragenlijst en de aanvullende strategie vragen. Om anonimiteit te verzekeren zijn alle verzamelde onderzoeksgegevens opgeslagen op deelnemer-nummer, niet op naam. De dataset bevat geen verwijzing naar de identiteit van de deelnemer. Het doorlopen van de ervaring, invullen van de herinneringstest, de IPQ en strategie vragen neemt ongeveer 20-25 minuten in beslag.

2.5 Data-analyse

De onafhankelijke variabele, omgevingsrelatie, wordt op nominaal niveau geanalyseerd en kent drie waarden: prikkelarm, gerelateerd en niet gerelateerd. De afhankelijke variabele “retentie” is van ratio niveau. Deze waarden lopen van 0 tot 30 onthouden items. De mediërende variabele “strategie” is op basis van de antwoorden op de strategie vragen, gecodeerd op nominaal niveau. Er zijn acht categorieën gevonden in de strategie antwoorden: Combinatie van methoden, blijven herhalen van woorden, woordparen maken, rijtjes rijmwoorden maken, woorden groeperen in thema's, een verhaal maken van de woorden, aan de omgeving relateren, beelden maken van de woorden. De modererende variabele “presence” is van ratio niveau en is uitgedrukt in een score variërend van 0 tot 84. De originele vragenlijst leverde scores op -42 tot 42, deze zijn verhoogd met 42 om een positieve waarde set te verkrijgen.

Hypothese sets 1, 2a en 2b, waarbij steeds 2 groepen vergeleken zijn op hun retentie score, zijn ieder met een onafhankelijke t-toets getoetst.

Hypothese set 3, waar gekeken is naar het modererend effect van “presence” op de relatie tussen omgevingsrelatie en de mate van retentie, is met een regressieanalyse getoetst.

Hypothese set 4, het mediërende effect van “strategie” op de relatie tussen omgevingsrelatie en de mate van retentie, is eveneens met een regressieanalyse uitgevoerd.

3. Resultaten

3.1 Ontwerp van een IVR applicatie

Om de IVR applicatie te ontwikkelen waarbij een variërende omgeving ingezet wordt om de leeropbrengst te verhogen, is als eerste gekeken worden naar de ontwerpimplicaties waaraan deze applicatie moet voldoen. Hieronder worden deze ontwerpimplicaties beschreven. Vervolgens worden de drie iteraties beschreven waarin door middel van ontwerpkeuzes, evaluaties en bijstellingen de applicatie ontwikkeld is.

3.2 ontwerpimplicaties

Het uiteindelijke doel van de applicatie is het aanbieden van variërende omgevingen waarin de student zelfgeselecteerde leerstof kan bestuderen. Zoals in het theoretisch kader uiteengezet, gaat het daarbij om alle kennisdimensies en de handelingsdimensies “herinneren” en “begrijpen”. Dit is weergegeven in Tabel 1. Het doel van dit onderzoek is echter achterhalen wat het effect van de virtuele omgeving op retentie van de leerstof is. Om dit te onderzoeken kan volstaan worden met de kennisdimensie “feiten” en de handelingsdimensie “herinneren”. Uit praktische overwegingen zal daarom voornamelijk rekening gehouden worden met deze twee dimensies. Daar waar mogelijk zal ook rekening gehouden worden met de andere kennis- en handelingsdimensies.

Het in stand houden van Presence is cruciaal voor deze applicatie. Voelt de gebruiker zich namelijk niet aanwezig in de virtuele omgeving, zal het effect van het plaats afhankelijk geheugen niet of verminderd optreden. Presence bestaat zoals aangegeven uit twee tconcepten: Plaats Illusie (PI) en Plausibiliteit Illusie (Psi) (Slater, 2009). PI is een systeem illusie en kan door gebruik te maken van High-end hardware en software in stand gehouden worden. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van Oculus Rift als VR hardware systeem en Unreal Engine 4 als ontwikkelingssoftware. Psi is een ontwerp illusie en zal daarom bij iedere ontwerpkeuze mee afgewogen moeten worden. De omgeving die ontworpen is en de interacties die de gebruiker in en met de omgeving kan uitvoeren moeten in voldoende mate overeen komen met de verwachtingen van de gebruiker uit de echte wereld.

Sutcliffe en Gault (2004) omschrijven 12 heuristieken (zie Bijlage 5) waar bij de ontwikkeling van een VR applicatie rekening mee gehouden kan worden om presence en usability problemen te voorkomen. Deze heuristieken zijn gebaseerd op eerdere gevalideerde heuristieken, zoals de usability heuristieken van Nielsen (1995) en aangepast voor VR. Naast deze zijn ook andere sets heuristieken voor VR beschikbaar zoals Chris Gallelo (2019) beschrijft. In de vergelijking voor dit onderzoek zijn deze echter afgefallen. De heuristieken van het Youtube UX onderzoeksteam vallen af omdat deze voornamelijk voor 360 video zijn opgezet (Gallelo, 2019). De Richtlijnen van Gabbard zijn afgefallen vanuit praktisch oogpunt (Gallelo, 2019). Ze zijn te omvangrijk voor dit onderzoek. De evaluatie tool van Ivanova valt af omdat deze ook te omvangrijk is en niet voldoende gedocumenteerd (Gallelo, 2019).

Om de hypotheses in dit onderzoek te toetsen, dienen drie omgevingen ontworpen te worden. Een prikkelarme omgeving en twee prikkelrijke omgevingen. In deze context gaat het om statische prikkels die opgenomen of uitgesloten worden in de omgevingen. Dit betekent dat in geen van de omgevingen bewegende beelden (videos of animaties) of andere entiteiten (mensen, dieren, voertuigen etc.) aanwezig zullen zijn. Statische prikkels zijn prikkels in de vorm van meubilair, decoratie, of andere bewegingsloze objecten passend bij de omgeving. Vanwege de conditie gerelateerd versus niet-gerelateerd, dienen de beide prikkelrijke omgevingen ook dusdanig van elkaar te verschillen, dat een

woordenlijst opgesteld kan worden die wel gerelateerd kan worden aan de een omgeving, maar niet aan de andere omgeving.

Het optreden van VR ziekte staat alle verdere gebruik van de applicatie in de weg. Het meest belangrijke aspect bij het ontwerpen van een IVR applicatie, is dan ook het voorkomen van VR Ziekte. Jerald (2015) beschrijft een set aan richtlijnen om te voorkomen dat VR ziekte optreedt. Aan de hardware kant is het van belang dat het systeem de beelden soepel genoeg verwerkt zodat geen beeldvertragingen of flikkeringen optreden. De tracking van de bewegingen van het hoofd en andere lichaamsdelen dienen eveneens zonder vertraging plaats te vinden. Het systeem zal ook altijd degelijk gekalibreerd moeten zijn om te voorkomen dat er onbedoelde bewegingen plaatsvinden door tracking fouten. Aan de ontwerp kant is het verder van belang dat virtuele objecten in welke vorm dan ook niet te dicht in het blikveld van de gebruiker staan, omdat dit leidt tot problemen met diepte waarneming. Een uitzondering hierop is wanneer de gebruiker hier zelf voor kiest, door een object van dichtbij te bekijken. Verder is het, als het type applicatie dit toelaat, verstandig om een zittende ervaring te ontwerpen. De gebruiker loopt zo minder risico op evenwicht verlies en verwondingen ten gevolge daarvan. Tot slot moet er altijd opgepast worden bij de inzet van bewegingen, omdat hierdoor bewegingsmisselijkheid kan optreden. Actieve bewegingen door de gebruiker geïnitieerd of gestuurd, mogen geen te snelle acceleratie of deceleratie bevatten. Verder is het af te raden om rotatie te gebruiken, behalve bij rotaties die de gebruiker met zijn lichaam maakt. Bewegingen die de gebruiker niet initieert of controleert, dienen zoveel mogelijk vermeden te worden. Slechts in uitzonderlijke gevallen kunnen deze ingezet worden.

Uit bovenstaande zijn de volgende zes ontwerpimplicaties voortgekomen.

Implicatie 1: Daar waar mogelijk zal in het ontwerp rekening gehouden worden met het aanbieden van leerstof bestaande uit alle kennisdimensies en de handelingsdimensies “herinneren” en “begrijpen”. De belangrijkste dimensies zijn echter “feiten” en “herinneren”. De applicatie zal volledig rond deze dimensies ontwikkeld worden.

Implicatie 2: Presence moet in stand gehouden worden. Bij iedere ontwerpkeuze moeten de mogelijke gevolgen voor presence mee afgewogen worden.

Implicatie 3: Gebruik de heuristieken van Sutcliff en Gault (2004) tijdens het ontwerpen om presence en usability problemen te voorkomen.

Implicatie 4: Er dienen drie omgevingen ontworpen te worden. Een prikkelarme omgeving, ontdaan van alle dynamische en statische prikkels. Twee prikkelrijke omgevingen, waarin de prikkels uitsluitend uit statische prikkels bestaan.

Implicatie 5: De prikkelrijke omgevingen moeten dusdanig van elkaar verschillen dat er een set items gekozen kan worden die wel aan de ene omgeving te relateren is maar niet aan de andere omgeving.

Implicatie 6: Om VR ziekte te voorkomen, dienen de ontwerprichtlijnen van Jerald (2015) gevolgd te worden.

3.3 Eerste iteratie: De omgevingen

Het doel van deze eerste iteratie was het ontwerpen en ontwikkelen van de drie omgevingen volgens implicatie 3 en implicatie 4.

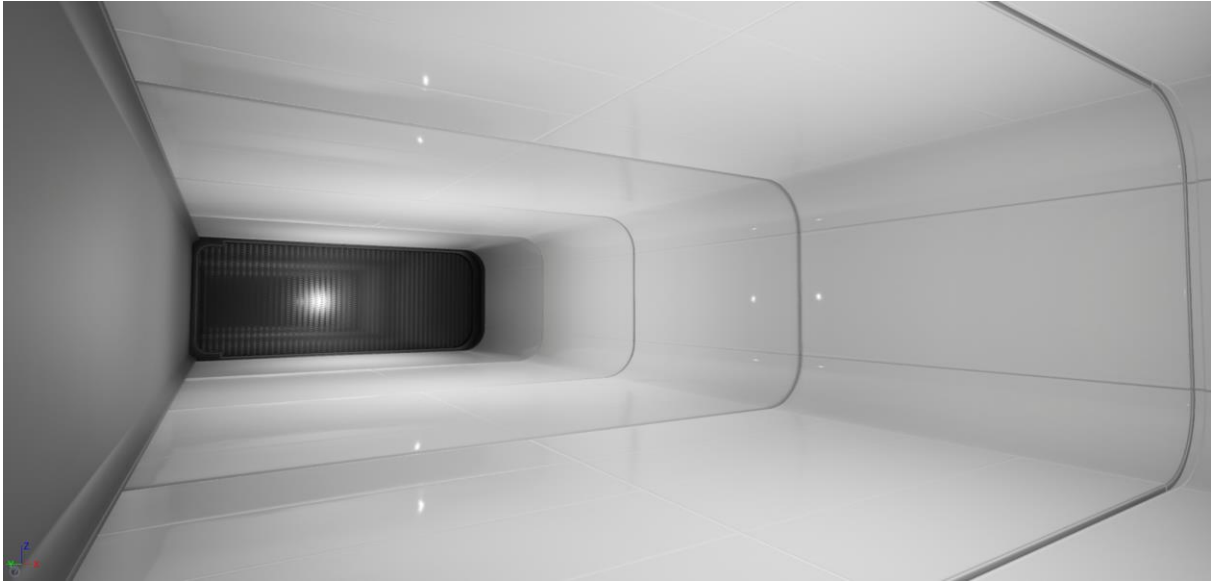
Een prikkelarme omgeving is zoals aangegeven een omgeving waarin geen of zo weinig mogelijk prikkels aanwezig zijn. Dit kan letterlijk genomen worden door een bestaande omgeving te nemen, zoals een woonruimte of een klaslokaal en daar alle meubilair, decoratie en overige objecten uit weg te nemen. Een mogelijk nadeel is zijn dat vanwege de herkenbaarheid van de ruimte bepaalde associaties optreden en de ruimte onnatuurlijk overkomt. Hetgeen tot een overschrijding van de heuristiek “natural engagement” kan leiden. Een andere mogelijkheid is het ontwerpen van een ruimte waar van nature weinig of geen statische prikkels aanwezig zijn, of waar men geen statische prikkels zou verwachten.

Beide opties zijn uitgewerkt en worden onderworpen aan een A/B test. Het eerste ontwerp betreft een appartement in een flat gebouw, waar behalve deuren, stopcontacten, plafondspots en ramen naar het balkon geen andere prikkels aanwezig zijn. Een weergave van dit ontwerp is te zien in Figuur 3.



Figuur3. Prikkelarme omgeving Het appartement

Het tweede ontwerp betreft een Science fiction achtige hal, bestaande uit witte en grijze muren, een wit plafond en vloer en twee gerasterde zijwanden. Behalve deze constructie elementen zijn er geen andere elementen in de ruimte aanwezig. Deze omgeving heeft de naam de Void gekregen, hetgeen de leegte betekent. Een weergave van dit ontwerp is te zien in Figuur 4.



Figuur 4. Prikkelarme omgeving de Void

Voor de prikkelrijke omgevingen is het volgens implicatie 5 van belang dat de omgevingen dusdanig van elkaar verschillen dat een set items opgesteld kan worden die inhoudelijk wel aan de ene omgeving te relateren zijn maar niet aan de andere omgeving. Daarom is ervoor gekozen om twee omgevingen te ontwerpen die van elkaar verschillen in tijd van voorkomen, plaats van voorkomen, constructiematerialen en aanwezige statische prikkels. De eerste omgeving is een middeleeuwse burcht. Deze is gesitueerd in het verleden, op aarde en is opgebouwd uit steenmateriaal en hout. De statische prikkels bestaan uit oude tafels en stoelen, glas in lood ramen, schat elementen, bekers, klassieke verlichtingselementen, banieren en pilaren. Een weergave van dit ontwerp is te zien in Figuur 5.



Figuur 5. Prikkelrijke omgeving ontwerp Burcht

De tweede prikkelrijke omgeving is een ruimtestation. Deze is gesitueerd in de toekomst, in de ruimte en is opgebouwd uit metalen en kunststoffen. De statische prikkels in deze omgeving bestaan uit ruimte technologie in de vorm van apparaten en machines, science fiction meubilair, machineslangen, moderne verlichtingselementen en kisten. Een weergave van dit ontwerp is te zien in Figuur 6.



Figuur 6. Prikkelrijke omgeving ontwerp ruimtestation

De evaluatie van deze ontwerpen in deze iteratie is uitgevoerd met drie Communication & multimedia design studenten die ervaring hebben met het ontwerpen van VR applicaties. Het eerste doel van de evaluatie was vast stellen of de omgevingen in voldoende mate Presence in stand houden. Hiertoe hebben de studenten de omgevingen bezocht en per omgeving de IPQ questionnaire ingevuld. Aan de hand van de IPQ onderdelen is in een nagesprek dieper ingegaan op de achterliggende motivatie bij de antwoorden. Het tweede doel was vaststellen welke van de twee prikkelarme omgevingen het meest geschikt is voor het experiment. Dit is ook tijdens het nagesprek aan de orde gekomen. De volledige resultaten van deze evaluatie zijn opgenomen in Bijlage 3.

Uit de evaluatie bleek dat de Void de meest geschikte prikkelarme omgeving is. Voornamelijk omdat deze geen enkele prikkels bevat en niet leeg aanvoelt zoals het appartement dat wel deed. Bovendien waren de ramen en de illusie van iets buiten die ramen in het appartement op te merken als prikkels.

De beide prikkelrijke omgevingen werden als prikkelrijk ervaren door de deelnemers aan de evaluatie. Uit de presence scores bleek dat alle omgevingen een positieve gemiddelde presencescore opleverde. Het appartement gemiddeld 7,7 ($n=3$), de burcht gemiddeld 8 ($n=3$) en het ruimtestation gemiddeld 15 ($n=3$). De void had de laagste score met gemiddeld 2,7 ($n=3$). In het nagesprek bleek dat dit vooral kwam omdat ervaren werd dat er niets te doen was, de omgeving werd als saai ervaren. Dit betekende echter niet dat presence niet in stand gehouden werd. Ook de burcht werd als minder

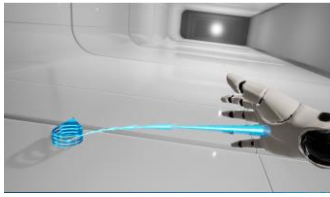
aantrekkelijk bestempeld vanwege de vele herhalingen in deze ruimte. Deze herhaling uitte zich door secties met dezelfde inrichting (tafels banken pilaren en banieren). Deze cijfers hebben geen statistische betekenis, ze moeten als indicatief beschouwd worden.

Uit de evaluatie kwamen een aantal verbeterpunten met betrekking tot de prikkels, presence en in relatie tot de heuristieken naar voren. Bij de Void werd opgemerkt dat de reflecties op de wanden als prikkels opgevat kunnen worden. Evenals de kleur van het licht (wit helder) en de afwezigheid van geluid. Bij de burcht was het geluid van de fakkels op sommige punten te druk, dit werd als ongeloofwaardig ervaren en is daardoor van invloed op Presence. Verder werd verwacht dat de aanwezige objecten ook opgepakt konden worden, terwijl dit niet zo was, dit is een overtreding van de heuristiek, natural engagement. In het ruimtestation was het vooral het geluid dat niet leek te passen. Er was een enkele zoom te horen, terwijl verwacht werd dat ieder elektrisch apparaat een eigen zoom voortbrengt. Ook dit is een overtreding van de heuristiek natural engagement. Deze punten worden meegenomen in de volgende iteratie. Er werden ook een aantal storingen benoemd, deze worden hier niet beschreven, omdat ze geen relevantie voor het onderzoek hebben. Deze storingen zijn wel opgelost in iteratie 2.

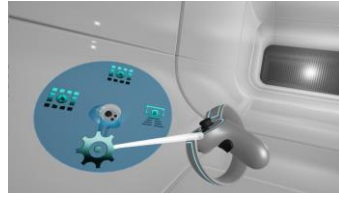
3.4 Tweede iteratie: De interacties

Het doel van iteratie 2 was, naast het verwerken van de verbeterpunten uit iteratie 1, het ontwerpen en ontwikkelen van de interacties. Het gaat daarbij om de interacties verplaatsen in de virtuele omgeving, keuzes maken en leerstof ontvangen.

Wat verplaatsen in VR betreft zijn er een aantal ontwerp patronen die een ontwerper ter beschikking heeft. Zo zijn er loop patronen, stuur patronen, 3D multi touch patronen en geautomatiseerde patronen (Jerald, 2015). Het patroon dat het beste past in de te ontwikkelen applicatie is het geautomatiseerd patroon teleporteren. Bij teleporteren verplaatst de gebruiker zich door met een virtuele straal de gewenste nieuwe locatie aan te geven. De gebruiker wordt na bevestiging direct op die plek gezet. In Figuur 7 is de teleporteerstraal te zien. Teleporteren is geschikt omdat er relatief kleine afstanden overbrugd worden, waarbij precieze rotatie een rol speelt. Rotatie is belangrijk omdat de gebruiker in iedere richting moet kunnen bewegen om op alle plekken in de omgevingen te kunnen komen. Bij roteren door middel van teleporteren ontstaat vrijwel nooit VR ziekte, omdat de rotatie zelf niet visueel merkbaar uitgevoerd wordt. Het gebeurt onmiddellijk. Teleporteren is wel een overtreding van de heuristiek “natural engagement”, in de echte wereld kunnen we immers niet teleporteren. Dit is echter een compromis dat gemaakt moet worden vanwege de precisie en snelheid van het verplaatsen en de zekerheid ten aanzien van het voorkomen van VR ziekte. Belangrijk is daarbij wel dat de heuristiek “consistent departures” gevolgd wordt. Deze geeft aan dat als er een ontwerp compromis gesloten dient te worden, deze consistent doorgevoerd moet worden en duidelijk aangegeven.



Figuur 7. Teleporteren



Figuur 8. Controllermenu



Figuur 9. Inhoudsvenster

Het maken van keuzes is een belangrijke interactie in iedere VR applicatie. Een gebruiker moet bijvoorbeeld de keuze kunnen maken de applicatie te verlaten of naar een andere omgeving te gaan, zoals aangegeven in de heuristiek “clear entry and exit points”. Ook hier is het lastig om dat op een natuurlijke manier te doen, aangezien de manier van keuzes maken voor iedere omgeving anders vormgegeven zou moeten worden om in die omgeving te passen. Dat is vanuit praktisch oogpunt niet handig. Dus ook op dit punt zal een realiteitscompromis gesloten moeten worden. Hier is gekozen voor een omgeving onafhankelijke oplossing in de vorm van een controller menu en een selecteerstraal. Voor een visuele weergave van het menu en de straal zie Figuur 8. Het menu kan maximaal zes items per niveau bevatten en drie niveaus diep gaan. De gebruiker kan wisselen tussen teleporteer modus en menu modus, omdat voor beide handelingen van dezelfde controller gebruik gemaakt wordt.

Om aan de heuristiek “natural engagement” te voldoen, zou ook de leerstof via een in de omgeving passend medium aangeboden moeten worden. Denk hierbij aan een boek of perkamentrol voor de burcht en een tablet of computer voor het ruimtestation. Ook dit is uit praktisch oogpunt lastig. Niet alleen omdat dit betekent dat voor iedere nieuwe omgeving het medium aangepast zou moeten worden, maar ook omdat bepaalde inhoud nu eenmaal niet geschikt is voor iedere medium keuze. Denk daarbij aan video’s in een middeleeuws boek. Ook hier zal dus een realiteitscompromis gesloten moeten worden om ervoor te zorgen dat de gebruiker op een consistente wijze alle vormen van leerstof kan ontvangen in iedere omgeving. De oplossing hier is een 3D venster passend bij de stijl van de teleporteerstraal en het controllermenu. Een toepassing van dit venster is weergegeven in Figuur 9.

De heuristiek “Support for learning” geeft aan dat actieve objecten of handelingen, indien nodig, uitgelegd moeten worden. De gebruiker leert hierdoor snel om te gaan met de applicatie. Het teleporteren, het controllermenu, de handeling selecteren en het inhoudsvenster zullen allen geïntroduceerd moeten worden. Het zijn geen intuïtieve handelingen, zeker niet voor gebruikers die voor het eerst in een VR omgeving stappen. Om die reden is er voor gekozen om een startomgeving te maken, waar de betreffende handelingen uitgelegd worden. Het appartement uit de eerste iteratie is ingezet als startomgeving. Door middel van een serie 3D vensters krijgt de gebruiker uitleg over de handelingen en korte opdrachten om te oefenen. Deze 3D vensters blijven op initiatief van de gebruiker actief. Beheerst de gebruiker alle handelingen, kan hij de vensters uitschakelen. Bij een

volgend gebruik zal de omgeving alleen nog dienen als startomgeving van waaruit de gebruiker naar de door hem gekozen omgeving kan gaan. De startomgeving is weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10. Instructie in de startomgeving

Wat de bijstellingen uit de eerste iteratie betreft, zijn de meeste aanpassingen in de void gemaakt. Uit de evaluatie bleek dat de reflecties, het geluid en de lichtwarmte als prikkels ervaren konden worden. Daarom is besloten dit aan een A/B test te onderwerpen. De testpersonen kregen de mogelijkheid om via het controller menu zelf in te stellen of de muren glad en reflecterend of mat moesten zijn. Ook konden ze de lichtwarmte op 3 niveaus kiezen: koud, neutraal of warm. Tot slot konden ze bepalen of er een achtergrond geluid aanwezig zou moeten zijn en op welk geluidsniveau deze zou moeten staan. De resultaten van deze A/B test zijn terug te vinden in Bijlage 4. De conclusie uit deze test is dat de omgeving het meest prikkelarm is als de wanden niet reflectief zijn en de lichtwarmte neutraal is. Over het achtergrondgeluid, konden vanwege de testopstelling geen eenduidige bevindingen worden genoteerd.

Bij de overige drie omgevingen is de soundscaping aangepast. In de burcht zijn de volumes van de fakkels teruggebracht naar een realistisch niveau. In het ruimtestation zijn individuele geluidbronnen ingesteld voor de ventilatoren en elektrische apparaten. In het appartement is het geluid van buiten aangepast naar een diepere brom (stadgeluid van beneden) en wind. Dit alles op een laag geluidsniveau, een nauwelijks hoorbaar achtergrondgeluid, overeenkomstig met de realiteit. Met betrekking tot het aandachtspunt “objecten oppakken”, is besloten hier nu uit praktisch oogpunt geen actie op te ondernemen. De hoeveelheid inspanning die dit vergt, weegt niet op tegen het mogelijk voordeel dat het oplevert. In het experiment, zullen de testpersonen geen mogelijkheid hebben om hier gebruik van te maken.

De interacties en omgevingen zijn in deze iteratie door middel van een heuristische evaluatie zoals voorgesteld door Sutcliffe en Gault (2004) getoetst. In totaal hebben 4 docenten, tevens ontwerpers, als auditors de evaluatie uitgevoerd. De auditors zijn inhoudsdeskundig in de gebieden: Interaction design, visual design, storytelling & animation en onderzoek. De auditors werd gevraagd de instructie in de startomgeving te doorlopen en vervolgens in één van de andere omgevingen rond te gaan kijken en gevraagd daarbij hardop te denken. De onderzoeker noteerde alle problemen die zich voordeden. Vervolgens zijn de genoteerde problemen gekoppeld aan de heuristieken. Heuristieken waar geen problemen aan gekoppeld konden worden zijn wel besproken om te kijken of hieraan werd voldaan. Vervolgens zijn de problemen aan ontwerpeigenschappen gekoppeld en zijn ontwerp oplossingen voorgesteld. Alle resultaten van de deze evaluatie zijn terug te vinden in Bijlage 4. De opgemerkte problemen en koppeling met de heuristieken zijn weergegeven in Tabel 2. De problemen gekoppeld aan ontwerpeigenschappen en voorgestelde ontwerp oplossingen zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 2. *Opgemerkte problemen gekoppeld aan de heuristieken*

Heuristiek	Prioriteit	Opgemerkte problemen of opmerkingen ter goedkeuring
1. Natural engagement	1	Geluid appartement match niet met de werkelijke hoogte
	0	Van dichtbij zijn sommige objecten platter dan ze zouden moeten zijn.
	0	Lezen van sommige decals of papieren is niet mogelijk
	0	Herhaling in de burcht geeft een copy paste effect
	0	Interactie met objecten mist
2. Compatibility with the users task.	n.v.t.	Het menu is helder, de bediening via linkercontroller intuïtief
	3	Teleporteren via thumbstick werd soms als lastig ervaren, drie functies op een knop is wat veel.
	2	De thumbstick is erg gevoelig als het om het bevestigen van keuze gaat.
	n.v.t.	Het 3D venster past in het mentaal model. (scherm of DVD menu)
3. Natural expression of action	4	De virtuele handen zijn zichtbaar maar hebben geen functie
4. Close coordination	n.v.t.	De responsetijden zijn in orde
5. Realistic feedback	5	Bij het aanraken van objecten etc wordt geen haptische feedback gegeven.
6. Faithfull Viewports	n.v.t.	Systeemtechnisch : in orde, reageerde zoals verwacht. Gevoel van grootte en diepte was aanwezig.
7. Navigation & Orientation support	n.v.t.	Preset positions is niet relevant. Indeling van de ruimtes maakte verdwalen onmogelijk.
8. Clear entry and exit points	n.v.t.	Menu ingang was helder na instructie. De iconen in het menu mogen betekenisvoller.
9. Consistent Departures	n.v.t.	Ontwerp compromissen zijn logisch met een kleine leercurve. Ze zijn ook altijd beschikbaar: horloge dat je helpt.
10. Support for learning	n.v.t.	Het duurt enige tijd voordat men de handelingen vloeiend uit kan voeren en onthouden. De leercurve is

		echter klein.
11. Clear Turn taking	n.v.t.	n.v.t.
12. Sense of presence	n.v.t.	Bij appartement en burcht: De aanwezigheid was er, de beleving minder. Bij het ruimtestation was de aanwezigheid hoog en de beleving hoog Bij de void is aanwezigheid present, de beleving een beetje surrealistisch.

Tabel 3. *Opgemerkte problemen gekoppeld aan ontwerpeigenschappen en ontwerp oplossingen.*

Ontwerpeigenschap	Probleem beschrijving	Probleem waardering*	Ontwerp oplossing
Grafische weergave	-	-	-
Hardware : bewegen	Gevoeligheid thumbstick Drie acties op de thumbstick	Irritant onhandig	Bevestigen teleportatie weghalen bij thumbstick en alleen onderbrengen bij de wijsvinger knop.
Gebruiker weergave	Gebrek aan haptische feedback	onhandig	Nu niet opgelost, deze is niet relevant in het experiment
Objecten en hulpmiddelen	Niet mogelijk objecten op te pakken	onhandig	Nu niet opgelost, deze is niet relevant in het experiment
Omgevingseigenschappen	Geluid appartement kwam niet	Ernstig	Aanpassen naar passend omgevingsgeluid.

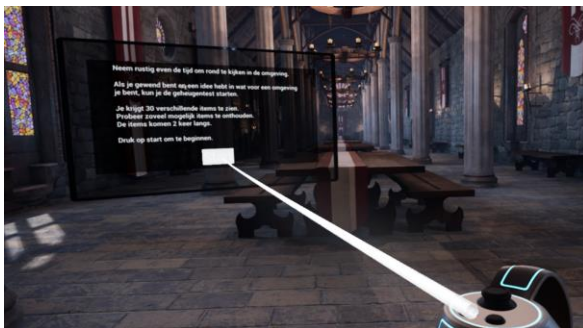
	overeen met werkelijke hoogte		
	Verzamelde opmerkingen	onhandig	Nu niet opgelost, deze zijn niet relevant in het experiment
	natural engagement met		
	prioriteit 0		
Interactie met andere	Virtuele handen hadden geen	Afleidend	Nu niet opgelost, deze is niet relevant in het experiment
controlemechanismen	functie		
Andere hardware	-	-	-

*Waarderingen: Ernstig, irritant, afleidend, onhandig

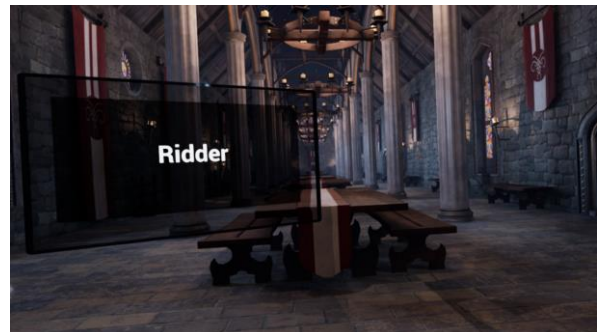
3.5 Derde iteratie: Het experiment

Het doel van de derde iteratie was de applicatie klaar maken voor het experiment. Hiertoe zijn de resultaten van de heuristische evaluatie afgezet tegen hun noodzaak voor het experiment. Daarnaast is de functionaliteit toegevoegd die de 30 woorden een voor een in beeld laat verschijnen. Verder is de vragenlijst in limesurvey ontwikkeld en heeft een doorloop van het experiment plaats gevonden om na te gaan of alle data goed vastgelegd wordt.

Op basis van de resultaten uit de heuristische evaluatie is besloten dat de startomgeving en bijbehorende instructie niet aan de experiment deelnemers getoond zou worden. Het zou per deelnemer te veel tijd kosten om dit te voltooien. Als gevolg hiervan zijn de interactiemogelijkheden voor de experiment deelnemers beperkt tot de absoluut noodzakelijke interacties voor de experiment uitvoering. Experiment deelnemers kunnen niet teleporteren door de omgeving. Verder kunnen ze het controllermenu niet oproepen. Deze onderdelen blijven in de uiteindelijke applicatie wel gehandhaaft. De experimentdeelnemers komen op een vaste plek in de omgeving binnen, waar ze een instructie over het experiment kunnen lezen op een 3D venster. Als ze de instructie gelezen hebben, kunnen ze via een start knop, bedienbaar met de selecteerstraal de woordenlijst starten. Nadat de woordenlijst afgelopen is, krijgen ze de instructie de HMD af te zetten en de vragenlijst in te vullen. Deze interacties zijn te zien in de Figuren 11, 12 en 13.



Figuur 11. Instructie experiment



Figuur 12. Woordenlijst



Figuur 13. Einde woordenlijst

Uit de experiment doorloop bleek dat in de drie omgevingen de interacties goed werkten. De woordenlijst liep overal twee keer door en ieder woord was 5 seconden in beeld. De vragenlijst legde alle data ook vast zoals bedoelt. De applicatie werd als klaar voor het experiment beoordeeld.

3.6 Deelnemers onderzoek

Aan het experiment hebben 102 personen deelgenomen. Van deze 102 deelnemers was 51% mannelijk en 49% vrouwelijk. De deelnemers zijn ad random verdeelt over de drie onderzoek condities. De exacte verdeling is weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. *Verdeling respondenten over de drie onderzoek condities (n=102)*

Omgeving	Proefpersonen (n [%])	Mannen (n [%])	Vrouwen (n [%])
Prikkelarm	33 (32.4)	17 (51.5)	16 (48.5)
Prikkelrijk Gerelateerd	35 (34.3)	18 (51.4)	17 (48.6)
Prikkelrijk Niet Gerelateerd	34 (33.3)	17 (50)	17 (50)
Totaal	102 (100)	52 (51)	50 (49)

Om antwoord te geven op de tweede centrale vraag, wat de invloed is van omgevingsprikkel in een IVR applicatie en hun relatie met de leerstof op de retentie van de leerstof bij HBO studenten, waren vier hypothese sets opgesteld. De eerste twee hypothese sets worden getoetst aan de hand van de gegevens beschreven in tabel 5. De laatste twee hypothese sets worden verderop besproken.

Tabel 5. *Beschrijvende statistieken van de retentiescore over de verschillende groepen (n=102)*

Omgeving	Retentiescore (M)	Deelnemers (n)	Standaarddeviatie (SD)
Prikkelarm	16.76	33	5.374
Prikkelrijk Gerelateerd	18.06	35	4.940
Prikkelrijk Niet Gerelateerd	16.41	34	5.785
Totaal	17.09	102	5.368

3.7 Retentiescores

Hypothese 1 stelde dat een virtuele omgeving die inhoudelijk gerelateerd is aan de te onthouden items, een hogere mate van retentie zal opleveren dan een virtuele omgeving die niet gerelateerd is aan de te onthouden items. Door middel van een onafhankelijke t-toets werd de retentiescore van de prikkelrijke gerelateerde omgeving vergeleken werd met de retentiescore uit de prikkelrijke niet gerelateerde omgeving. Gemiddeld waren de scores voor retentie in de prikkelrijk gerelateerde omgeving ($M=18.06$, $SD=4.94$) hoger in vergelijking met de scores voor retentie in de prikkelrijke niet gerelateerde omgeving ($M=16.41$, $SD=5.79$): Het verschil, 1.65, BCa 95% CI [-0.937, 4.228] bleek niet significant $t(67)=1.27$, $p=0.104$; het vertegenwoordigd een klein effect, $d=0.29$.

Hypothese 2a stelde dat een prikkelarme virtuele omgeving een hogere mate van retentie op zal leveren dan een prikkelrijke niet gerelateerde virtuele omgeving. Door middel van een onafhankelijke t-toets werd de retentiescore van de prikkelarme omgeving vergeleken werd met de retentiescore uit de prikkelrijke niet gerelateerde omgeving. Gemiddeld waren de scores voor retentie in de prikkelarme omgeving ($M=16.76$, $SD=5.37$) hoger in vergelijking met de scores voor retentie in de prikkelrijke niet gerelateerde omgeving ($M=16.41$, $SD=5.79$): Het verschil, 0.346, BCa 95% CI [-2.380, 3.072] bleek niet significant $t(65)=0.253$, $p=0.40$; het vertegenwoordigd een zeer klein effect, $d=0.06$.

Hypothese 2b stelde dat een prikkelarme virtuele omgeving een lagere mate van retentie op zal leveren dan een prikkelrijke gerelateerde virtuele omgeving. Door middel van een onafhankelijke t-toets werd de retentiescore van de prikkelarme omgeving vergeleken werd met de retentiescore uit de prikkelrijke gerelateerde omgeving. Gemiddeld waren de scores voor retentie in de prikkelarme omgeving ($M=16.76$, $SD=5.37$) lager in vergelijking met de scores voor retentie in de prikkelrijke gerelateerde omgeving ($M=18.06$, $SD=4.94$): Het verschil, -1.30, BCa 95% CI [-3.797, 1.198] bleek niet significant $t(66)=-1.039$, $p=0.151$; het vertegenwoordigd een klein effect, $d=0.26$.

3.8 modererend effect Presence

Hypothese 3 stelt dat Presence een modererend effect heeft op de relatie tussen omgevingsrelatie en retentie (zie Figuur 1). De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 6. De verklaarde variantie van 1,6% is niet significant $R^2=0.016$, $F(3,98)=0.656$, $p=0.581$. Omgeving is geen significante voorspeller van Retentie, $b_1 = -0.096$, $t = -0.142$, $p = 0.888$. Presence is ook geen significante voorspeller van Retentie, $b_2 = 0.056$, $t = 0.906$, $p = 0.367$. Ook het interactie effect is niet significant, $b_3=0.076$, $t=1.015$, $p=0.312$. Deze resultaten tonen aan dat er geen sprake is van een modererend effect van Presence op de relatie tussen Omgeving en Retentie.

Tabel 6. *Lineair model van de voorspellers van Retentie*

	b	SE B	t	p
Constant	17,.06	0.518	32.92	$p<0.001$

Omgeving	-0.096	0.678	-0.142	p=0.888
Presence	0.056	0.061	0.906	p=0.367
Omgeving x Presence	0.076	0.075	1.015	p=0.312
R ² =0,016				

3.9 Mediatie effect van Strategie

Hypothese 4 stelt dat Strategie een mediërend effect heeft op de relatie tussen omgevingsrelatie en retentie (zie Figuur 1). Om deze hypothese te toetsen zijn dummies opgesteld. De categorie “combinatie van methoden” dient als referentiecategorie bij Strategie. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van de Process Macro van Andrew Hayes (Hayes & Montoya, 2017). De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in tabel 7. Dit model verklaart 35% van de variantie en is significant $F(21)=2.053$, $p=0.012$. Enkele combinaties tonen een significant negatief interactie effect, afgezet tegen de referentiecategorie. Prikkelarm * blijven herhalen van woorden, $b=-7.52$, BCa 95% CI [-14.2, -0.847]. Prikkelrijk Gerelateerd * blijven herhalen van woorden, $b=-7.07$, BCa 95% CI [-14.13, -0.001]. Prikkelrijk Niet Gerelateerd * blijven herhalen van woorden, $b=-8.917$, BCa 95% CI [-15.47, -2.37]. Prikkelrijk Niet Gerelateerd * rijtjes rijmwoorden maken, $b=-8.917$, BCa 95% CI [-16.9, -1.1]. Aangezien er in de voorgaande analyse geen hoofd effect is aangetoond is tussen Omgeving en Retentie, kan hier niet uit geconcludeerd worden dat Strategie een mediërend effect heeft op de relatie tussen Omgeving en Retentie.

Tabel 7. *Lineair model van de voorspellers van Retentie*

	b	SE B	t	p	BCa 95% CI	
					Lower	Upper
Prikkelarm						
Prikkelarm * blijven herhalen van woorden	-7.524	-0.356	-2.243	0.028	-14.200	-0.847
Prikkelarm * woordparen maken	-3.667	-0.068	-0.653	0.516	-14.839	7.505
Prikkelarm * woorden groeperen in thema's	-2.758	-0.160	-0.871	0.386	-9.059	3.544
Prikkelarm * een verhaal maken van de woorden	-2.417	-0.122	-0.734	0.465	-8.967	4.134
Prikkelarm * beelden maken van de woorden	-7.667	-0.243	-1.931	0.057	-15.566	0.233
Prikkelrijk Gerelateerd						
Prikkelrijk Gerelateerd	2.333	0.043	0.416	0.679	-8.839	13.505

Combinatie van methoden						
Prikkelrijk Gerelateerd * blijven herhalen van woorden	-7.067	-0.286	-1.990	0.050	-14.132	-0.001
Prikkelrijk Gerelateerd * woordparen maken	4.333	0.080	0.772	0.442	-6.839	15.505
Prikkelrijk Gerelateerd * rijtjes rijmwoorden maken	-4.667	-0.086	-0.831	0.408	-15.839	6.505
Prikkelrijk Gerelateerd * woorden groeperen in thema's	-1.667	-0.067	-0.469	0.640	-8.732	5.399
Prikkelrijk Gerelateerd * een verhaal maken van de woorden	0.833	0.030	0.224	0.823	-6.556	8.223
Prikkelrijk Gerelateerd * aan de omgeving relateren	-3.354	-0.228	-1.097	0.276	-9.441	2.733
Prikkelrijk Gerelateerd * beelden maken van de woorden	0.333	0.009	0.075	0.940	-8.499	9.166
Prikkelrijk Niet Gerelateerd						
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * Combinatie van methoden	1.333	0.042	0.336	0.738	-6.566	9.233
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * blijven herhalen van woorden	-8.917	-0.449	-2.709	0.008	-15.467	-2.366
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * woordparen maken	-4.667	-0.086	-0.831	0.408	-15.839	6.505
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * rijtjes rijmwoorden maken	-9.000	-0.285	-2.267	0.026	-16.900	-1.100
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * woorden groeperen in thema's	-4.417	-0.222	-1.342	0.183	-10.967	2.134
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * een verhaal maken van de woorden	-2.238	-0.106	-0.667	0.507	-8.915	4.438
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * aan de omgeving relateren	4.333	0.080	0.772	0.442	-6.839	15.505
Prikkelrijk Niet Gerelateerd * beelden maken van de woorden	0.333	0.011	0.084	0.933	-7.566	8.233

4. Conclusie en discussie

Dit onderzoek kende twee doelen. Het eerste doel was het ontwikkelen van een Immersive Virtual Reality applicatie waar een student leerstof kan bestuderen in een wisselende virtuele omgeving. De centrale vraag horende bij dit doel was dan ook hoe een IVR applicatie ontwikkeld kan worden waarbij een variërende omgeving ingezet wordt om de leeropbrengst te verhogen? Onder Design zijn de gegevens beschreven om de vier deelvragen horende bij deze centrale vraag te beantwoorden.

De beschreven ontwerpimplicaties laten zien dat de onderwerpen Presence, heuristieken en VR ziekte, ontwerpprincipes opleveren om rekening mee te houden (deelvraag 1). Presence moet in stand gehouden worden, om de gebruiker realistisch gedrag te laten vertonen in de IVR (Liu et al., 2017; Slater, 2009). Dit betekent dat de virtuele wereld zoveel mogelijk in overeenstemming moet zijn met de verwachtingen die de gebruiker heeft vanuit de echte wereld. Dit betekent echter niet dat de virtuele wereld een kopie van de werkelijkheid moet zijn. maar dat objecten, entiteiten en interacties zich zo verhouden dat het een plausibele werkelijkheid oplevert voor de gebruiker. De heuristieken van Sutcliff en Gault (2004) geven 12 richtlijnen waar rekening mee gehouden worden bij het ontwerpen van virtuele werelden. Deze kunnen als ontwerpprincipes dienen, maar ook als evaluatiecriteria. VR ziekte moet ten alle tijden voorkomen worden. Het veroorzaakt misselijkheid bij de gebruiker en zorgt ervoor dat de gebruiker niet verder kan gaan. Ontwerpprincipes die dit voorkomen richten zich met name op het bewegen in virtuele werelden.

Deelvraag 2 wordt deels beantwoord door ontwerpimplicatie 1. Zelfgeselecteerde leerstof door de student kan bestaan uit alle kennisdimensies bestaan en uit de handelingsdimensies “herinneren” en “begrijpen”. Dit omdat dit type kennisbronnen eenvoudig digitaal in een IVR in te laden zijn. De vraag hoe deze leerstof het beste aangeboden kan worden is iets complexer. Enerzijds zouden de bronnen volgens de heuristiek “natural engagement” op een in de omgeving passende manier aangeboden moeten worden. Anderzijds levert dit praktische moeilijkheden op. Niet alle inhoud is omgevingspassend te maken. Hierdoor moest een realiteitscompromis gesloten worden en een digitaal inhoudsvenster ontworpen worden, dat consistent in alle omgevingen ingezet wordt.

Deelvraag 3 ging over welke ontwerpkeuzes tot de meest optimale gebruikerservaring leidde. Beginnend bij de prikkelarme ervaring kan geconcludeerd worden dat het beter is een omgeving te ontwerpen waar het ontbreken van prikkels passend is, dan een van nature prikkelrijke omgeving te ontdoen van prikkels. Het appartement, ontdaan van alle statische prikkels, werd door de gebruikers als leeg of onaf ervaren, hetgeen ook een prikkel is. De Void, die nog minder prikkels had dan het appartement, werd daarentegen niet als leeg ervaren.

Bij de prikkelrijke omgevingen vielen drie zaken op. Op de eerste plaats dat het omgevingsgeluid moet passen. Past het geluid niet, wordt dit direct opgemerkt en zorgt het voor een breuk in Presence. De auditieve modaliteit blijkt een heel sterke invloed te hebben op de beleving. Op de tweede plaats blijkt de verscheidenheid in inrichting de beleving van prikkels te beïnvloeden. In de burcht was veel

herhaling aanwezig in de inrichting. Deze bestond voor een deel uit dezelfde secties met gelijke inrichting betreffende pilaren, tafels banken en banieren. Het ruimte station was wat oppervlakte betreft veel kleiner, maar er was geen herhaling in de inrichting. De laatste werd dan ook als het meest belevenisvol ervaren door de deelnemers van de evaluatie in de eerste twee iteraties. Tot slot viel op dat de meeste deelnemers aan de evaluaties de aanwezige objecten op wilden pakken, hetgeen niet mogelijk was.

De heuristische evaluatie in de tweede iteratie heeft met name antwoord gegeven op de laatste deelvraag, welke ontwerpkeuzes leiden tot de meest optimale gebruiksvriendelijkheid. Bij het ontwerpen van de interacties voor verplaatsen, keuzes maken, selecteren en het aanbieden van de leerstof zijn ontwerpcompromissen gesloten. Er is gekozen om omgevingsonafhankelijke middelen te ontwerpen voor deze interacties. De ontworpen middelen passen binnen de bestaande mentale modellen van de gebruikers en stellen de gebruiker in staat om de bedoelde acties uit te voeren en zijn daarom gebruiksvriendelijk.

Het tweede doel van dit onderzoek was het identificeren van de invloed van omgevingsprikkels in Immersive Virtual Reality leeromgeving op de retentie van de leerstof. De bijbehorende centrale vraag luidt: Wat is de invloed van omgevingsprikkels in een IVR applicatie en hun relatie met de leerstof op de retentie van de leerstof bij HBO studenten? Om deze vraag te beantwoorden is een experiment uitgevoerd waarmee vier hypothese sets getoetst werden. Uit de analyses bleek dat er wel verschillen waren in de gemiddelde scores op retentie tussen de verschillende onderzoeksgroepen, maar deze verschillen waren niet significant.

Een verklaring hiervoor kan zijn dat er sprake is van zeer klein effectsizes ($d=0,29$, $d=0,06$ en $d=0,26$), waardoor een grotere steekproef ($n=120$, $n=2997$, $n=151$) nodig was geweest dan de huidige ($n=102$) om significant te zijn. Voor vervolgonderzoek zou het dan ook aan te raden zijn om met grotere steekproeven te werken.

Een andere verklaring kan zijn dat er een schending van het eerste principes van Smith en Vela (2001) plaats gevonden heeft. Dit principe stelt dat wanneer non-omgevingscontext aanwijzingen gebruikt worden om geheugensporen aan te leggen of op te halen, de effecten van omgevingscontext afhankelijkheid verminderen. De gebruikte woordenlijst bevatte mogelijk te veel items waarbij een inter-item associatie mogelijk was. Woorden als “hout” en “oud” rijmen bijvoorbeeld met elkaar. Uit de strategievraag antwoorden werd ook duidelijk dat deelnemers sommige woorden in thema's of categorieën samenbrachten. Een Harry potter thema bijvoorbeeld, voor woorden als uil, zweinstein, haardvuur. Als deze associatieve informatie gebruikt als codeer of ophaal aanwijzing, dan wordt omgevingsinformatie hierdoor onderdrukt. Voor vervolgonderzoek is het aan te raden de te gebruiken items aan een associatietest te onderwerpen voorafgaand aan het onderzoek.

Een andere oplossing om de schending van dit eerste principe te voorkomen, ligt mogelijk in de experimentopzet. Nu werd de deelnemers gevraagd zo veel mogelijk items te onthouden. De deelnemers pasten daardoor een actieve strategie toe die het plaats afhankelijk geheugen mogelijk

overschaduwde. Voor vervolgonderzoek is het daarom aan te raden een experiment te ontwerpen waarbij de deelnemers niet actief gaan onthouden maar de retentie gemeten wordt bij passief onthouden

Een andere verklaring voor het gebrek aan significante verschillen is dat mogelijk het tweede principe van Smith en Vela (2001), het mentale herplaatsingsprincipe niet correct plaats gevonden heeft. De deelnemers is gevraagd om bij het herinneren van de items zichzelf mentaal te herplaatsen in de virtuele wereld. In dit onderzoek is niet onderzocht in hoeverre dit gelukt is. Bovendien is het ook goed voor te stellen dat dit principe ondergesneeuwd is door de actieve strategieën van de deelnemers. Deze veronderstelling pleit eveneens voor het ontwerpen van een experiment waarbij retentie gemeten wordt bij passief onthouden.

De moderatie analyse voor Presence en de mediatie analyse voor strategie gaven ook geen significante, betrouwbare of eenduidige resultaten. Dit is deels te verklaren doordat er geen significante verschillen tussen de onderzoeksgroepen gevonden zijn. Anderzijds is het goed mogelijk dat in het geval van strategie het niet gaat om een mediërende relatie, maar dat strategie de dominante voorspeller is van retentie. Zoals al eerder benoemd is het daarom aan te raden om het actief onthouden uit te sluiten bij vervolgonderzoek.

De resultaten uit dit onderzoek geven vooral aanleiding om verder te kijken naar situaties waar het passief onthouden een grotere rol speelt. Bij het onthouden van losse items of welk ander kennis type van de handelingsdimensie herinneren, zal een actieve strategie altijd een rol spelen en dus een mogelijke bruikbare toepassing van het plaats afhankelijk geheugen in de weg staan. In situaties waar de handelingsdimensie begrip aangesproken wordt, is er mogelijk ruimte voor passief onthouden. De aandacht ligt hier namelijk niet op het onthouden, waardoor actieve onthoud strategieën niet toegepast worden.

5. Referenties

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., . . . Wittrock, M. C. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition. *White Plains, NY: Longman*.
- Broaders, S. C., Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2007). Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 539.
- Chen, C. J. (2009). Theoretical Bases for Using Virtual Reality in Education. *Themes in Science and Technology Education*, 2, 71-90.
- Corriveau Lecavalier, N., Ouellet, É., Boller, B., & Belleville, S. (2018). Use of immersive virtual reality to assess episodic memory: A validation study in older adults. *Neuropsychological rehabilitation*, 1-19.
- Diego Vergara , M. P. R. a. M. L. (2017). On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(11).
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). 7. Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction.
- Ekstrand, C., Jamal, A., Nguyen, R., Kudryk, A., Mann, J., & Mendez, I. (2018). Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study. *CMAJ Open*, 6(1), E103-E109. doi:10.9778/cmajo.20170110
- Elvestad, E. O. (2016). Evidence of Learning in Virtual Reality.
- Fiorella, L., & Mayer, R. (2015). *Learning as a Generative Activity: Eight Learning Strategies that Promote Understanding*.
- Fowler, C. (2015). Virtual Reality and Learning: Where Is the Pedagogy? *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412-422.
- Galello, C. (2019, 27 februari). *Which VR usability heuristics should I use?* Geraadpleegd 11 april 2019, van <https://virtualrealitypop.com/which-vr-usability-heuristics-should-i-use-63e10735ed8b>
- Goldin-Meadow, S. (2011). Learning through gesture. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(6), 595-607.
- Hayes, A. F., & Montoya, A. K. (2017). A tutorial on testing, visualizing, and probing an interaction involving a multicategorical variable in linear regression analysis. *Communication Methods and Measures*, 11(1), 1-30.
- Huttner, J.-P., & Robra-Bissantz, S. (2017). An Immersive Memory Palace: Supporting the Method of Loci with Virtual Reality.
- Isarida, T., & Isarida, T. K. (2014). Environmental context-dependent memory. *Advances in experimental psychology research*, 115-151.
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*: Morgan & Claypool.
- Johnson-Glenberg, M. (2018). Immersive VR and Education: Embodied Design Principles that Include Gesture and Hand Controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 81.
- Lawson, B. D. (2014). Motion Sickness Symptomatology and Origins. In.
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (2017). *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*: Springer.
- Mayer, R. E. (1999). Designing instruction for constructivist learning. *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, 2, 141-159.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (R. E. Mayer Ed. 2 ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of educational psychology*, 93(2), 390.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- McKenney, S., & Reeves, T. (2013). *Educational Design Research*.
- Menin, A., Torchelsen, R., & Nedel, L. (2018). An Analysis of VR Technology Used in Immersive Simulations with a Serious Game Perspective. *IEEE computer graphics and applications*, 38(2), 57-73.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.
- Moreno, R. (2006). Learning in high-tech and multimedia environments. *Current directions in psychological science*, 15(2), 63-67.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of educational psychology*, 94(3), 598.
- Nielsen, J. (1995). 10 usability heuristics for user interface design. *Nielsen Norman Group*, 1(1).
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning Science in Immersive Virtual Reality.
- Picard, L., Abram, M., Orriols, E., & Piolino, P. (2017). Virtual reality as an ecologically valid tool for assessing multifaceted episodic memory in children and adolescents. *International Journal of Behavioral Development*, 41(2), 211-219.
- Plag, G. (2016, 2 februari). 2016 wordt het jaar van “virtual reality” - De Ochtend. Geraadpleegd op 16 mei 2019, van <https://www.nporadio1.nl/de-ochtend/onderwerpen/341916-2016-wordt-het-jaar-van-virtual-reality>
- Plancher, Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2010). Age effect on components of episodic memory and feature binding: A virtual reality study. *Neuropsychology*, 24(3), 379.
- Plancher, Piolino, P., Kane, R., & Parsons, T. (2017). Virtual reality for assessment of episodic memory in normal and pathological aging. *The role of technology in clinical neuropsychology*, 237-260.
- Plancher, Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, 50(5), 592-602.
- Putnam, A. L. (2015). Mnemonics in education: Current research and applications. *Translational Issues in Psychological Science*, 1(2), 130.
- Robbins, P., & Aydede, M. (2009). A short primer on situated cognition. *The Cambridge handbook of situated cognition*, 3-10.
- Sauz  on, H., Arvind Pala, P., Larrue, F., Wallet, G., D  jos, M., Zheng, X., . . . N'Kaoua, B. (2012). The use of virtual reality for episodic memory assessment: effects of active navigation. *Experimental psychology*, 59(2), 99.
- Schmidt, M. M. (2014). Designing for Learning in a Three-Dimensional Virtual Learning Environment: A Design-Based Research Approach. *Journal of Special Education Technology*, 29(4), 59-71. doi:10.1177/016264341402900405
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 10(3), 266-281.
- Serino, S., & Repetto, C. (2018). New trends in episodic memory assessment: immersive 360   ecological videos. *Frontiers in psychology*, 9, 1878.
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3549.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Smith, S. M., Glenberg, A., & Bjork, R. A. (1978). Environmental context and human memory. *Memory & Cognition*, 6(4), 342-353.
- Smith, S. M., & Vela, E. (2001). Environmental context-dependent memory: A review and meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 8(2), 203-220.

- Sutcliffe, A., & Gault, B. (2004). Heuristic evaluation of virtual reality applications. *Interacting with computers*, 16(4), 831-849.
- Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory: a special issue of educational psychologist. LEA. In: Inc.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of psychology*, 53(1), 1-25.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological review*, 80(5), 352.
- Van Merriënboer, J. J., & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 71-93.
- Webster, R. (2016). Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1319-1333.

6. Bijlagen

Bijlage 1. Igroup Presence Questionnaire (IPQ)

Tabel 1. *IPQ items*

Number	IPQ item name	Dutch question	Dutch anchors
1	G1	Ik had het gevoel aanwezig te zijn in de computerwereld	Helemaal niet--Heel erg
2	SP1	Ik had het gevoel omgeven te zijn door de virtuele wereld	Helemaal mee oneens -- Helemaal mee eens
3	SP2	Ik had het gevoel slechts plaatjes te aanschouwen	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
4	SP3	Ik had niet het gevoel in de virtuele ruimte aanwezig te zijn	Helemaal mee oneens-- helemaal mee eens
5	SP4	Ik had meer het gevoel bezig te zijn in de virtuele ruimte, dan dat ik het gevoel had iets van buitenaf te bedienen	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
6	SP5	Ik voelde me aanwezig in de virtuele ruimte	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
7	INV1	Hoe bewust was u zich van de echte omgeving (bv. geluiden van buiten, kamertemperatuur), terwijl u zich bevond in de virtuele ruimte	Zeer bewust--Helemaal niet bewust
8	INV2	Ik was me niet bewust van mijn echte omgeving	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
9	INV3	Ik lette nog op de echte omgeving	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
10	INV4	Ik ging volledig op in de virtuele wereld	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens
11	REAL1	Hoe echt kwam de virtuele omgeving op u over	Heel echt--Helemaal niet echt
12	REAL2	In hoeverre kwam uw ervaring in de virtuele omgeving overeen met uw ervaringen in de echte wereld?	Geen overeenstemming-- Volledige overeenstemming
13	REAL3	Hoe werkelijk kwam de virtuele wereld op u over	Zoals een denkbeeldige wereld-- Niet te onderscheiden v. d. echte wereld
14	REAL4	De virtuele wereld kwam echter op mij over dan de werkelijke wereld	Helemaal mee oneens-- Helemaal mee eens

Bijlage 2. Woordenlijst vrije herinneringstest

Tabel 1. *Woordenlijst vrije herinneringstest*

Nummer	Woord
1	Hout
2	Ridder
3	Akropolis
4	Goud
5	kerk
6	vork
7	vlag
8	dakpan
9	kruik
10	zweinstein
11	geschiedenis
12	kaarslicht
13	hoog
14	vroom
15	paard
16	metselen
17	bier
18	haardvuur
19	herhaling
20	kruis
21	uil
22	feest
23	schatkaart
24	Gotisch
25	oud
26	natuursteen
27	Zwaard
28	stal
29	Zonlicht
30	kroon

Bijlage 3. Resultaten evaluatie iteratie 1

IPQ resultaten

In onderstaande tabellen zijn de resultaten weergegeven van de ingevulde IPQ vragenlijsten door de 3 studenten tijdens de evaluatie in iteratie 1. De studenten hebben deze vragenlijst als 5 puntsschaal ingevuld (-2, -1, 0, 1, 2). De maximaal positief haalbare score voor presence komt daardoor op 28. De maximaal negatieve haalbare score komt uit op -28. De items SP2, SP3, INV3 en Real1 zijn negatief geformuleerd. De scores moeten daarom omgedraaid worden. Dat is in onderstaande tabellen al gebeurd.

Tabel 1. *IPQ resultaten appartement*

	G1	SP1	SP2 Inv	SP3 Inv	SP4	SP5	INV1	INV2	INV3 Inv	INV4	Real1 Inv	Real2	Real3	Real4	Totaal
Student1	1	1	5	5	-2	1	2	1	1	1	-2	1	1	-2	14
Student2	1	1	0	1	-	1	1	1	0	0	0	-1	0	-2	3
Student3	2	0	1	2	0	1	-2	1	2	0	1	1	-1	-2	6

Tabel 2. *IPQ resultaten void*

	G1	SP1	SP2 Inv	SP3 Inv	SP4	SP5	INV1	INV2	INV3 Inv	INV4	Real1 Inv	Real2	Real3	Real4	Totaal
Student1	1	1	2	2	0	0	0	0	2	0	0	-1	-1	-1	5
Student2	-1	0	1	1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-9
Student3	1	1	2	2	1	2	-1	0	2	1	1	-1	1	0	12

Tabel 3. *IPQ resultaten Burcht*

	G1	SP1	SP2 Inv	SP3 Inv	SP4	SP5	INV1	INV2	INV3 Inv	INV4	Real1 Inv	Real2	Real3	Real4	Totaal
Student1	0	1	1	2	2	2	-2	1	2	1	0	0	-1	-2	7
Student2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	-1	7
Student3	1	2	2	2	0	1	1	-1	1	1	1	0	0	1	10

Tabel 4. *IPQ resultaten Ruimtestation*

	G1	SP1	SP2 Inv	SP3 Inv	SP4	SP5	INV1	INV2	INV3 Inv	INV4	Real1 Inv	Real2	Real3	Real4	Totaal
Student1	1	2	2	2	1	1	-2	2	2	2	1	1	1	-2	14
Student2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	0	0	12
Student3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	0	19

Nabespreking evaluatie Iteratie 1

Onderzoeker: We gaan nu iedere ruimte apart bespreken, waarbij jullie mogen aangeven hoe je je voelde in die omgeving, wat je opviel en wat er wel of niet realistisch was.

Het appartement

Student 2: ik vond vooral de belichting erg realistisch, deze paste heel goed.

Student 1: het geluid in de omgeving paste niet bij de hoogte. Je zit vrij hoog en daar hoor je geen verkeersgeluiden en stemmen. In de realiteit hoor je daar eerder een diepe ruis en wind.

Onderzoeker: welk gevoel kreeg je van de ruimte? In welke situatie ben je terecht gekomen?

Student 3: ik had het gevoel dat ik net de sleutel had gekregen van mijn nieuwe appartement en dat ik ging verhuizen.

Student 1 en 2: stemmen hiermee in.

Onderzoeker: het doel van deze ruimte is een prikkelarme ruimte te zijn. Hoe hebben jullie de prikkels in die ruimte ervaren?

Student 3: Ik heb autisme en als gevolg daarvan neem ik eerst details waar en dan pas het geheel. Hierdoor viel me bijvoorbeeld op dat de stopcontacten niet zoemden, normaal als je ergens bent, dan zoemt alles. Hier was dat niet. Door de leegte voelde ik me eigenlijk onderprikkeld.

Student 2: ja in de ruimte voelde ik me ook onderprikkeld. De aandacht ging naar de ramen, naar buiten, daar is licht en geluid.

Student 1: ik voelde me niet onderprikkeld of overprikkeld. Ik vond het lekker rustig, maar mijn aandacht werd ook naar buiten getrokken.

Onderzoeker: hebben jullie tijdens je bezoek aan de ruimte design issues kunnen ontdekken?

Student 2: ja de teleporteestraal deed raar bij het raam. Als je deze naar buiten richtte, dan ging hij naar achter.

Student 3: als je bij de deur naar de gang staat, dan doet je virtuele hand raar.

De Void

Student 2: ik kreeg er een science fiction gevoel van, het was erg leeg.

Student 1: ik dacht dat ik in een windtunnel was, daarom miste ik bijvoorbeeld ook een windgeluid of iets dergelijks.

Student 2 en 3: misten het geluid niet.

Student 3: ik had het gevoel als of ik in een testruimte was, een laboratorium of zoiets.

Onderzoeker: de vragenlijst laat zien dat jullie je hier niet heel erg aanwezig voelden, hoe komt dat?

Student 2: nou het was niet zozeer dat het presence effect er niet was, maar de omgeving was vooral niet leuk, ik denk dat het daarom komt. Er was niets te beleven.

Onderzoeker: Dus je had wel het gevoel dat je in die saaie ruimte was?

Student 2: ja dat was inderdaad zo

Student 1 en 3 : bevestigen dit.

Onderzoeker: ook dit zou een prikkelarme ruimte moeten zijn, hoe hebben jullie de prikkels ervaren?

Student 3: het deed me denken aan een therapeutische prikkelarme ruimte, ik werd er erg rustig van.

Student 2: ik had geen verwachting over deze ruimte, want ik kon het nergens aan linken. In het begin was het wel vreemd, maar daarna werd ik er rustiger van.

Student 1: ik voelde me erg onderprikkeld, ik had de hele tijd het idee dat er nog iets moest gaan gebeuren.

Onderzoeker: welk van de twee prikkelarme omgevingen zouden jullie kiezen voor het onderzoek?

Studenten 1,2 en 3 kiezen alle drie voor de void. De algemene opvatting is dat deze niet leeg aanvoelde zoals het appartement waar toch prikkels van met name buiten aanwezig waren, maar inderdaad prikkelarm.

Onderzoeker: zijn er nog ontwerpopmerkingen te maken ten aanzien van de Void?

Student 2: de reflecties op de glanzende muren zouden wel als prikkels opgemerkt kunnen worden. Misschien werkt deze nog beter als de muren niet reflectief zijn.

Student 3: de lichtkleur was relatief hard. Misschien dat je kunt variëren in warmte van het licht om te kijken of dit minder prikkelend werkt.

De Burcht

Student 1: ik had het gevoel alsof ik in een Harry Potter film was.

Student 2: er was hier veel te zien en het was erg groot. De geluiden (vlammen) nodigen uit tot verder kijken. Het zijkamertje nodigde ook uit om erin te kijken. Het was wel zo dat er niet veel gebeurde, dus wilde ik naar buiten om daar te kijken.

Student 3: Ik wilde dingen gaan oppakken zoals de bekers op tafel, maar dat ging niet. Ik had hier wel voor het eerst het gevoel dat er van alles kon en wilde op ontdekking uit.

Student 1: het geluid van buiten maakte het inderdaad levendig en echt. Deze omgeving nodigde uit tot interactie en ontdekken. Het past allemaal bij elkaar.

Onderzoeker: Dit was een prikkelrijke omgeving, hoe hebben jullie de prikkels ervaren?

Student 3: ik werd nogal geprikkeld door de foute constructie met de pilaren. In een echt middeleeuws kasteel zijn die niet zo gebouwd. Wat me ook opviel was dat de glas in lood ramen geen glas in lood reflectie op de vloer gaven, maar een gewone licht reflectie. Verder vond ik het ondanks dat het vol stond met dingen, leeg. Ik miste de aanwezigheid van mensen.

Student 2: er was veel te zien, dus ja veel prikkels.

Onderzoeker: zijn er verder nog ontwerp opmerkingen te maken?

Student 2 en 3: je kunt naar buiten teleporteren op sommige punten in de burcht.

Soms treed er vertraging op in de beweging van de virtuele handen.

Student 1: het leek alsof deze omgeving wat lagere resolutie had en het geluid bij sommige toortsen is wat te hard, vooral daar waar er meer samen komen.

Student 2: de hoogte lijkt niet goed afgesteld, ik voelde me erg klein.

Ruimtestation

Student 3: ja dit was duidelijk een ruimteding, hoewel ik er ook wel een kantoor gevoel bij kreeg. Ik had hier dan ook niet echt het gevoel mensen te missen. Er waren minder tekenen van mensen zoals bij de burcht.

Student 2: ja alleen die ziekenboeg of wat was het voelde wat leeg aan, misschien als er meer spullen in lagen zou dat niet zo zijn. Ik had ook geen behoefte aan mensen, had het gevoel dat ik hier was om onderzoek te doen ofzo.

Student 3: ik vond het erg interessant, spacy. Ik miste wel het heelal of planeten buiten.

Onderzoeker: hoe zat het hier met de prikkels?

Student 3: ik vond het erg veel prikkels, veel emissive licht en een aantal gangen.

Student 2: ik vond de burcht meer prikkels hebben.

Student 1: ook hier werd ik meteen uitgenodigd te gaan ontdekken.

Onderzoeker: zijn hier nog ontwerp opmerkingen te maken?

Student 3: ja het geluid. Er is nu een zoem, die herhaald. Terwijl in het echt heeft ieder apparaat zijn eigen zoem.

Student 1 en 2: hebben de herhaling van de zoem ook opgemerkt.

Student 1: als je dichtbij de ramen komt dan lijkt het te glitchen, alsof er een verschuiving optreedt.

Bijlage 4. Resultaten evaluatie iteratie 2

Heuristische evaluatie

Deelnemer docent 1

Raw Data observatie:

Lezen eerste scherm:

Zichtbaarheid knopje slecht zichtbaar: niet meteen duidelijk welke hand en welke knop.

Tweede scherm:

Thumstick was niet meteen duidelijk.

Het wisselen was wel onthouden en lukte.

Derde scherm:

Duurt even voordat dit duidelijk wordt : de instructie is ook weg als de gebruiker weg van het scherm is.

het roteren is vrij lastig → de inwenings/leerperiode is lang.

Voor het raam:

Hoogte is interessant.

Het laatste venster:

In het zoeken naar de juiste knop werd op de home knob gedrukt → waardoor de gebruiker uit de omgeving getrokken werd.

Beleving Rob:

Schermen gaven informatie over het navigeren in de ruimte en selecteren.

In eerste instantie was niet bekend dat het ene oefenruimte was (verwachting) dat werd erna pas duidelijk.

De schermen waren op zich wel logisch.

Schermen zelf: tekst niet scherp en slecht leesbaar. Illustratie niet duidelijk.

Het was niet direct zichtbaar dat het een punt was die roteerde en hoe de verhouding tussen bediening en uitwerking was. Dat werd na een tijdje wel duidelijk.

De pointer geeft rob ook aan = vreemd dat je deze links aanzet en rechts krijgt.

het menu dat opkwam had niet direct een zichtbare functie of relatie met de controller acties dus deze werd genegeerd.

Steroscopisch beeld was overtuigend in realisme.

geluid werd niet opgemerkt , maar ook niet gemist.

Licht sfeer en warmte werden gevoeld.

Hardware en beelden werkten goed samen.

omgeving riep geen vragen op.

Great Hall Omgeving

Ontdekt dat je ook met de trigger finger kunt teleporteren.

Je hebt het idee dat het hier kouder is, in de kleine ruimte. Het waaide echter door het echte openstaande raam in de ruimte.

Kan in de tafel navigeren.

In de great hall lijkt het lastig je weg te vinden, vanwege symetrie en gelijkheid van indeling, weet je al snel niet meer of je van links of rechts komt. (in de beleving van rob was dat anders)

in een middeleeuwse omgeving, in die tijd.

het gevoel dat de speler zelf klein was ten opzichte van de objecten. Dit werd echter niet als storend ervaren.

geluid vlam gehoord: misschien wat te heftig, want de neiging om er van weg te gaan.

Space station

ik hoorde van buitenaf een audio spike.

De ramen zijn trekpleisters.

Kan hier wel nog op de tafel staan.

Opvallend: schaduwen van de handen op de grond.

Embodiement: schaduw zorgt voor body ownership.

Rommel in de gang.

Ruimteschip in de ruimte.

Teleurstellend dat je niet uit de ramen kon kijken.

Geluiden: elektrische zoem

Misschien wat te zacht ivm realisme.

Sfeer is hier ook wat unheimlich op sommige punten

Vergelijking great hall en spacestation:

De great hall leek in eerste instantie geen prikkels te hebben, maar later bleek dat dat er meer waren.
(door de repetitie) ontdekt op tafel en in de kleine ruimte.

Doordat de cursor op de tafel kan, wil je het ook gaan ontdekken. → ff kijken wat dat doet.

Void

navigeren gaat prima

geen idee waar hij was.

Enige trigger is de zwarte wand → die wijkt af van de rest, daar gaat nog wel een associatie van af. In het geval van rob: radio speaker apparatuur.

Feedback over prestatie is wezenlijk → ook voor het goed gevoel van starten.

Heuristiek	Rating	Opgemerkte problemen en opmerkingen
13. Natural engagement		<ul style="list-style-type: none"> - Geluid appartement match niet met de werkelijke hoogte - Void: hier is alles mogelijk dus verwachtingen zijn vrij. - Spaceship: sommige 3D onderdelen waren te plat (zichtbaar van dichtbij. De retro onderdelen is te matchen met ervaringen in echte leven - Lezen van onderdelen (blaadjes) was niet mogelijk) - Interactie met objecten miste nog. - Overall sense of presence was goed in orde. - Burcht: de herhaling maakte het ongeloofwaardig. (copy paste) - Void : de lichtbron/ afkomst was niet duidelijk dus dit riep wel vragen op. Maar het was op zich niet erg want de surreële context maakte het geloofwaardig. En interessant om te ontdekken. - Mentale modellen van bekende ruimtes, moet matchen. Van onbekende ruimtes hoeft deze niet te matchen. Je ontdekt de regels van die werkelijkheid, er is meer mogelijk dan bij die anderen. (wordt daardoor spannend)
14. Compatibility with the users task.		<p>Taak was : ruimte ontdekken.</p> <p>Ruimtestation: realworld objects (retro) sprak aan visueel gezien.</p> <p>het menu was meteen helder: intuïtief wist Gaston hoe hij deze kon bedienen met de zelfde linkse controller.</p> <p>Het teleporteren zorgde soms voor moeilijkheden omdat met 1 object: thumbstick, 3 acties uitgevoerd werden: straal uitgooien, rotatie instellen en bevestigen. Bevestigen dmv trigger werkte beter.</p> <p>venster: als mentaal model gelijk aan een DVD menu, dus dat was herkenbaar en direct toepasbaar. Helpt bij het navigeren tussen werelden. Het slechteren in het venster,, was wel even een denk momentje:</p> <p>de verwachting leefde wel nog dat d ehanden zichtbaar waren, maar er zijn geen interacties mee mogelijk. Niet vervelend maar om over na te denken.</p>
15. Natural expression of action		Handen waren aanwezig maar hadden geen functie
16. Close coordination		<p>Bij de wand in de Void, leverde een beetje motion sickness op: te dicht in het gezichtsveld.</p> <p>het teleporteren werd als fijn ervaren → beter dan langzaam lopen, het stelt de gebruiker in staat om direct een afstand te overbruggen. Is dus niet</p>

		natuurlijk maar sluit aan bij wat ik aan acties wil uitvoeren
17. Realistic feedback		<p>Je hebt de wens om dingen aan te raken, lezen etc. Dit is niet mogelijk, er komt geen feedback (haptisch)</p> <p>feedback van het teleporteren functie 1, bevestigen met thumbstick, was niet helder.</p> <p>Auditieve feedback: ambient geluid is zeer krachtig Interface geluid zou ook helpen in de beleving van die interface.</p>
18. Faithfull Viewports		Systeemtechnisch : in orde, reageerde zoals verwacht. Gevoel van grootte en diepte was aanwezig.
19. Navigation & Orientation support		<p>Preset positions → niet relevant</p> <p>De ruimtes zijn redelijk rechthoekig: verdwalen niet mogelijk.</p> <p>Spacestation: ankerpunt tafel, en daarna spoke & wheel manier van navigeren: gang in, terug volgende gang in.</p>
20. Clear entry and exit points		<p>Menu ingang was na uitleg helder</p> <p>Deuren waren niet functioneel (gesloten)</p> <p>menu item (arc) werd als uitgang aangemerkt.</p> <p>menu items config helder.</p> <p>Match met sommige items kon scherpen (play button)</p>
21. Consistent Departures		Bestaande compromissen zijn logisch met een kleine leercurve. Ze zijn ook altijd beschikbaar: horloge dat je helpt.
22. Support for learning		In deze versie niet gezien maar de handelingen waren helder.
23. Clear Turn taking		nvt
24. Sense of presence		<p>Bij appartement en burcht was dit generieker. Was aanwezig keek wat rond.</p> <p>Bij het spacestation kwam het gevoel: hier wil ik exploreren: wie ben ik waarom ben ik hier, het was het begin van een verhaal.</p> <p>Void: ja aanwezigheid, het werd surrealistisch door het niet natuurlijk aanvoelen.</p>

Feature	Probleem beschrijving	Probleem rating*	Design oplossing
Graphics Display			
Hardware : Moving	Gevoeligheid thumbstick	Annoying	

	3 acties op 1 knop	Inconvenient	
User representation			
Objects and tools			
Environmental Features	Geluid appartement komt niet overeen met werkelijke hoogte	Severe	
Interactions with other controls	Selecteren: een lijn schieten ipv je virtuele hand gebruiken	Distracting	
Other Hardware			

Deelnemer: Docent 3

Heuristiek	Rating	Opgemerkte problemen
25. Natural engagement		Wereld kwam als gaming wereld over. De gebruiker was zich heel bewust van de bril. Suspense of disbelief werd niet in stand gehouden: actie en interactie met de omgeving werd verwacht voor engagement. De omgeving is wel realistisch en believable.
26. Compatibility with the users task.		<p>Appartement dat leeg is, is verwarren. Belichting en structuren was daar erg goed. de realistische setting zorgde voor geloof.</p> <p>De andere werelden brengen door de setting al mee dat je je bewust bent van de fantasie.</p> <p>Ruimtestation was het meest interessant: zeer gedetailleerd.</p> <p>Burcht: erg game achtig zeer netjes ingericht. Modulair repetitieve karakter van de omgeving.</p> <p>gebruiker werd niet getriggerd om objecten op te pakken, toen hij het wel deed en niet lukte, dacht hij dat het aan hem lag.</p>
27. Natural expression of action		<p>Uit het raam kijken lukte in het appartement. Het uit het raam hangen, was vreemd.</p> <p>Teleporteren werkt prima, na inleerperiode prima.</p> <p>De thumbstick is wel erg gevoelig.</p> <p>Geluid was zeer subtiel aanwezig. Sommige geluidsbronnen waren alleen aanwezig dit werd raar: single geluiden.</p> <p>Als de immersion hoog is, maakt het niet uit dat ik zit terwijl de presence staat. In de burcht werd dit duidelijk toen het standpunt te laag stond. Interessant hier is dat door het bewegen, de hoge ooghoogte prima was (terwijl de gebruiker in RL zit)</p>
28. Close coordination		Response time is prima.
29. Realistic feedback		<p>Menu functioneerde prima.</p> <p>Visuele cues in menu waren niet zichtbaar in het appartement, wel in de overige omgeving. Geluid zou</p>

		<p>hierbij helpen.</p> <p>De functie van de thumbstick was al geleerd voor het teleporteren, bij het oproepen van het menu was de verwachting voor de linkerthumbstick er ook, dus dat het roteren niet direct een actie veroorzaakt maar roteren, laat exploreren.</p>
30. Faithfull Viewports		<p>In de burcht was het oogpunt te lang : Zie ooghoogte oopmerking natural expression.</p> <p>HMD reactie is heel natuurlijk.</p>
31. Navigation & Orientation support		<p>De ruimtes waren overzichtelijk. Oriëntatie was dus nooit een probleem. Vanuit het startpunt georiënteerd is het altijd mogelijk je positie te bepalen. Behalve bij de Void (maar dat was wel een natuurlijke verwarring, hoort bij de ruimte)</p> <p>Preset positions n.v.t.</p>
32. Clear entry and exit points		<p>De iconen passen inhoudelijk niet.</p> <p>de Balk onderaan de vensters was niet helder, wat deze functie had.</p>
33. Consistent Departures		<p>Doordat je een omgevingt mapt, is teleporteren een handigere functie dan lopen. Incrementeel met kleine stapjes is het sws net als lopen.</p> <p>De vensters werden in eerste instantie herkend als fysieke schermen, horende in de omgeving (appartement) dat werd later bijgesteld. (we hebben het wel over een schermontwerper)</p> <p>de terugkomst van die elementen is helder.</p> <p>de onderdelen worden onderdeel van je presence, je hebt die onderdelen bij je. (zoals een horloge)</p>
34. Support for learning		<p>Positie van de knop om het menu op te roepen.</p> <p>De iconen zouden betekenisvoller zijn als ze al in de schermen bv aan de inhoud gelinkt waren.</p>
35. Clear Turn taking		n.v.t.
36. Sense of presence		Zie natural engagement.

A/B test Void

Tabel 3. *Resultaten A/B test Iteratie 2*

	Geluid	Kleur	Reflecties
Student 1	-	Wit	Geen reflecties
Student 2		Wit past beter bij de kleur van de omgeving	Geen reflecties
Student 3	-	Warm ligt beter oogcomfort	Geen reflecties

Bijlage 5. De heuristieken en ontwerponderdelen van Sutcliffe en Gault

Heuristieken

1. Natural engagement. Interaction should approach the user's expectation of interaction in the real world as far as possible. Ideally, the user should be unaware that the reality is virtual. Interpreting this heuristic will depend on the naturalness requirement and the user's sense of presence and engagement.

2. Compatibility with the user's task and domain. The VE and behaviour of objects should correspond as closely as possible to the user's expectation of real world objects; their behaviour; and affordances for task action.

3. Natural expression of action. The representation of the self/presence in the VE should allow the user to act and explore in a natural manner and not restrict normal physical actions. This design quality may be limited by the available devices. If haptic feedback is absent, natural expression inevitably suffers.

4. Close coordination of action and representation. The representation of the self/ presence and behaviour manifest in the VE should be faithful to the user's actions. Response time between user movement and update of the VE display should be less than 200 ms to avoid motion sickness problems.

5. Realistic feedback. The effect of the user's actions on virtual world objects should be immediately visible and conform to the laws of physics and the user's perceptual expectations.

6. Faithful viewpoints. The visual representation of the virtual world should map to the user's normal perception, and the viewpoint change by head movement should be rendered without delay.

7. Navigation and orientation support. The users should always be able to find where they are in the VE and return to known, preset positions. Unnatural actions such as fly-through surfaces may help but these have to be judged in a trade-off with naturalness (see heuristics 1 and 2).

8. Clear entry and exit points. The means of entering and exiting from a virtual world should be clearly communicated.

9. Consistent departures. When design compromises are used they should be consistent and clearly marked, e.g. cross-modal substitution and power actions for navigation.

10. Support for learning. Active objects should be cued and if necessary explain themselves to promote learning of VEs.

11. Clear turn-taking. Where system initiative is used it should be clearly signalled and conventions established for turn-taking.

12. Sense of presence. The user's perception of engagement and being in a 'real' world should be as natural as possible.

Ontwerponderdelen:

The following checklist guides attribution of problems to classes of design features:

- Graphics display, 3D depth or perspective distortion, poor resolution of image. Indicated by perceptual difficulties.
- Moving and manipulating the user presence, sub-divided into the hardware device being used (e.g. glove, joystick, 3D mouse, etc.) and the representation of the user in the VE. Indicated by navigation and manipulation difficulties.
- Interaction with objects and tools in the VE. Indicated by unsuccessful attempts to act; or poor feedback misleads users.
- Environmental features. Parts of the environment which created unexpected effects such as moving through walls and floating objects.
- Interaction with other controls, such as floating menus and palettes.
- Other hardware problems, such as with head-mounted display (HMD) and shutter glasses.